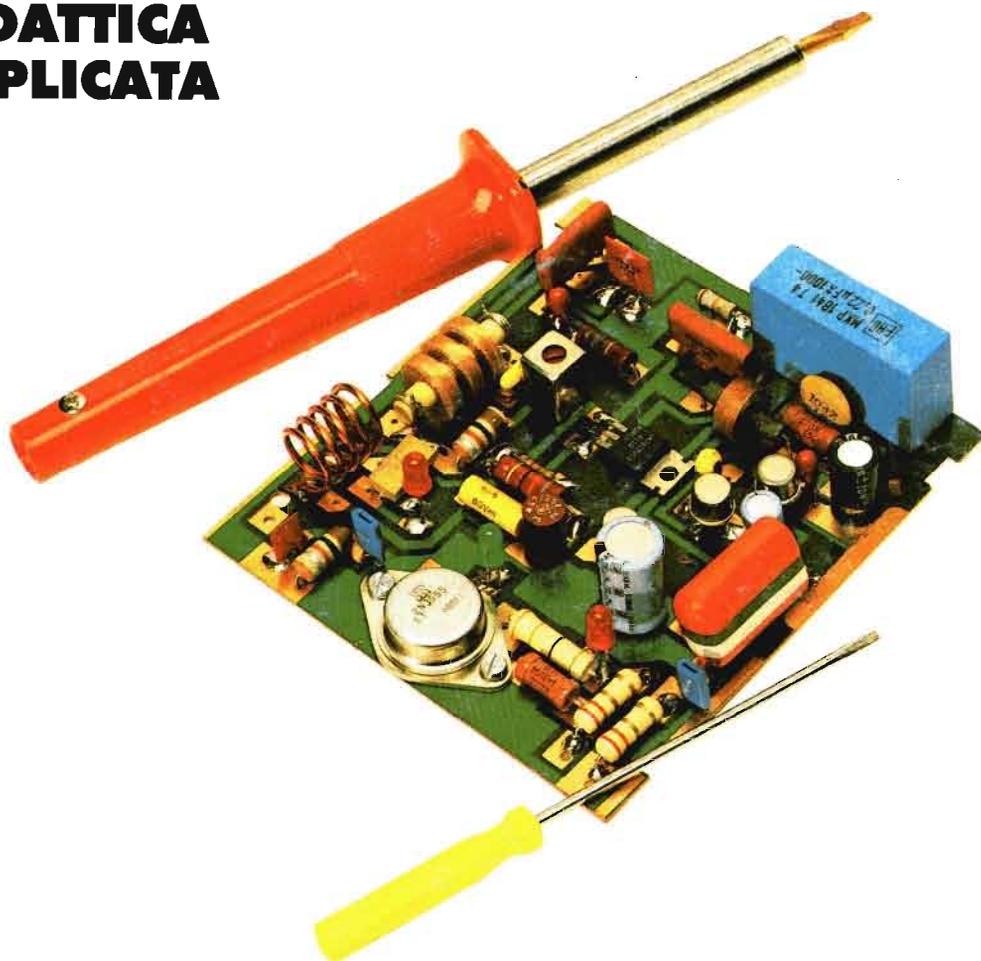
ELETTRONICA PRATICA

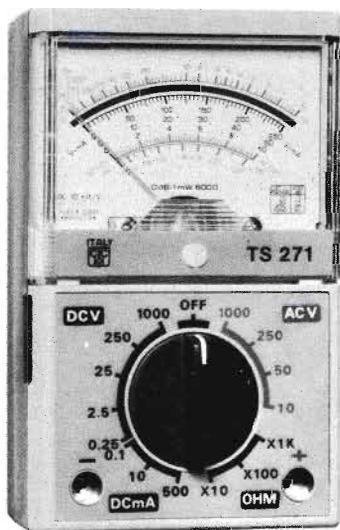
RIVISTA MENSILE PER GLI APPASSIONATI DI ELETTRONICA - RADIO - OM - 27 MHz

PERIODICO MENSILE - SPED. IN ABB. POST. GR. 3°/70 - ANNO XVIII - N. 7/8 - LUGLIO-AGOSTO 1989
ED. ELETTRONICA PRATICA - VIA ZURETTI, 52 - 20125 MILANO - TEL. 02/6697945 L. 5.000

FASCICOLO SPECIALE ESTATE '89

DIDATTICA APPLICATA

MANUALE TEORICO - PRATICO PER PRINCIPIANTI

STRUMENTI DI MISURA

TESTER ANALOGICO
MOD. TS 271 - L. 24.500

CARATTERISTICHE GENERALI
5 Campi di misura - 19 portate
Sensibilità : 10.000 Ω/V D.C.
Dimensioni : mm 150 × 63 × 32
Peso : Kg 0,14
Pila : 1 elemento da 1,5 V

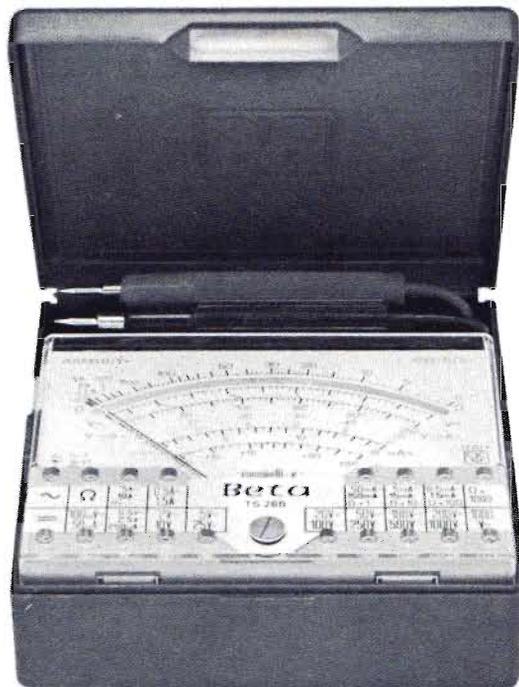
PORTATE
VOLT D.C. = 0,25 V - 2,5 V - 25 V - 250 V - 1.000 V
VOLT A.C. = 10 V - 50 V - 250 V - 1.000 V
AMP. D.C. = 0,1 mA - 10 mA - 500 mA
OHM = x 10 ohm - x 100 ohm - x 1.000 ohm
dB = — 20 dB + 62 dB

ACCESSORI
Libretto istruzione con schema elettrico - Puntali

TESTER ANALOGICO
MOD. TS 260 - L. 59.000

CARATTERISTICHE GENERALI
7 Campi di misura - 31 portate
Sensibilità : 20.000 Ω/V D.C. - 4.000 Ω/V A.C.
Dimensioni : mm 103 x 103 x 38
Peso : Kg 0,250
Scala : mm 95
Pile : 2 elementi da 1,5 V
2 Fusibili
Spinotti speciali contro le errate inserzioni

PORTATE
VOLT D.C = 100 m V - 0,5 V - 2 V - 5 V - 20 V - 50 V - 100 V - 200 V - 1000 V
VOLT A.C. = 2,5 V - 10 V - 25 V - 100 V - 250 V - 500 V - 1000 V
OHM = Ω x 1 - Ω x 10 - Ω x 100 - Ω x 1000
AMP. D.C. = 50 μA - 500 μA - 5 mA - 50 mA - 0,5 A - 5 A
AMP. A.C. = 250 μA - 1,5 mA - 15 mA - 150 mA - 1,5 A - 10 A
CAPACITÀ = 0 ÷ 50 μF - 0 ÷ 500 μF (con batteria interna)
dB = 22 dB - 30 dB - 42 dB - 50 dB - 56 dB- 62 dB

ACCESSORI
Libretto istruzione con schema elettrico e parti accessorie - Puntali

Gli strumenti pubblicizzati in questa pagina possono essere richiesti inviando anticipatamente l'importo, nel quale sono già comprese le spese di spedizione, tramite vaglia postale, assegno bancario o conto corrente postale n. 46013207 a: STOCK RADIO - 20124 MILANO - Via P. Castaldi, 20.

PREGI DI UN FASCICOLO

Chi va in vacanza, deve forzatamente rinunciare alla pratica sperimentazione, non potendo portarsi appresso un laboratorio di elettronica, neppure di piccole dimensioni. Ma è anche impensabile che il dilettante distolga del tutto i propri interessi da quell'attività ricreativa che, mese dopo mese, ha piacevolmente riempito il tempo libero nel corso dell'anno. V'è quindi una difficoltà di ordine pratico, da una parte ed una esigenza di natura culturale, dall'altra, che il corpo redazionale di Elettronica Pratica ha dovuto conciliare. E lo ha fatto approntando un fascicolo di notevole rilevanza didattica, con il carattere del manuale, cui poter ricorrere, come ai più comuni utensili e strumenti, per ogni richiamo alle nozioni elementari della materia, per la conferma della validità di un procedimento, per la memorizzazione di una particolare tecnica operativa. Perché in questo numero speciale si parla di saldature e dissaldature, si analizza la funzione dei più comuni componenti, si rievocano alcuni metodi costruttivi di ragguardevole importanza, si guida il principiante nel lavoro di allestimento del laboratorio, che deve rivelarsi funzionale oggi, ma in grado di consentire ulteriori ampliamenti domani e, soprattutto, si ripercorrono le tappe primarie, attraverso cui si sviluppa il cammino di ogni elettrodilettante.

I CANONI D'ABBONAMENTO RIMANGONO INVARIATI

L'abbonamento annuo al periodico offre la certezza di ricevere mensilmente, a casa propria, una pubblicazione a volte esaurita o introvabile nelle edicole.

Per sottoscrivere un nuovo abbonamento, o per rinnovare quello scaduto, occorre inviare l'importo tramite vaglia postale, assegno bancario, assegno circolare o a mezzo c.c.p. N. 916205 intestati e indirizzati a: ELETTRONICA PRATICA - 20125 MILANO - Via Zuretti, 52.
Si prega di scrivere con la massima chiarezza, possibilmente in stampatello, citando con grande precisione: cognome, nome, indirizzo e data di decorrenza dell'abbonamento.

LA DURATA DELL'ABBONAMENTO È ANNUALE CON DECORRENZA DA QUALSIASI MESE DELL'ANNO

È possibile sottoscrivere l'abbonamento o rinnovare quello scaduto direttamente presso la nostra sede:

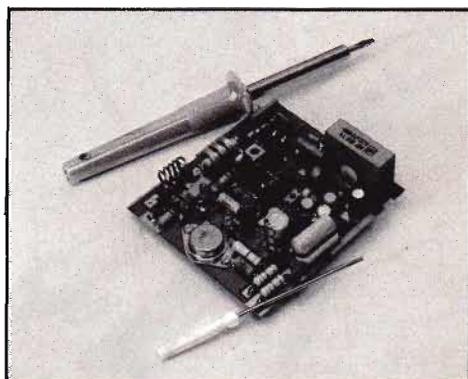
ELETTRONICA PRATICA

20125 MILANO
VIA ZURETTI, 52
TEL. 6697945

ELETTRONICA PRATICA

Via Zuretti, 52 Milano - Tel. 6697945

ANNO 18 N. 7-8 - LUGLIO/AGOSTO 1989

LA COPERTINA - Interpreta, con una ricca e multicolore immagine plastica, il motivo conduttore che caratterizza la fisionomia del presente fascicolo: quella di un dialogo semplice, ma costruttivo, con il lettore principiante di elettronica teorica ed applicata.

editrice
ELETTRONICA PRATICA

direttore responsabile
ZEFFERINO DE SANCTIS

disegno tecnico
CORRADO EUGENIO

stampa
TIMEC
ALBAIRATE - MILANO

Distributore esclusivo per l'Italia:
A.&G. Marco - Via Fortezza n. 27 - 20126 Milano tel. 25261
autorizzazione Tribunale Civile di Milano - N. 74 del 29-12-1972 - pubblicità inferiore al 25%.

UNA COPIA L. 5.000

ARRETRATO L. 3.500

I FASCICOLI ARRETRATI DEBBONO ESSERE RICHIESTI ESCLUSIVAMENTE A: ELETTRONICA PRATICA Via Zuretti, 52 - 20125 MILANO

DIREZIONE - AMMINISTRAZIONE - PUBBLICITÀ - VIA ZURETTI 52 - 20125 MILANO.

Sommario

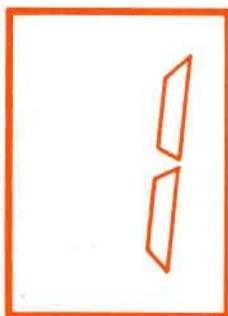
Che cos'è la saldatura

Elementi per saldare

Il saldatore

SALDATURE E DISSALDATURE

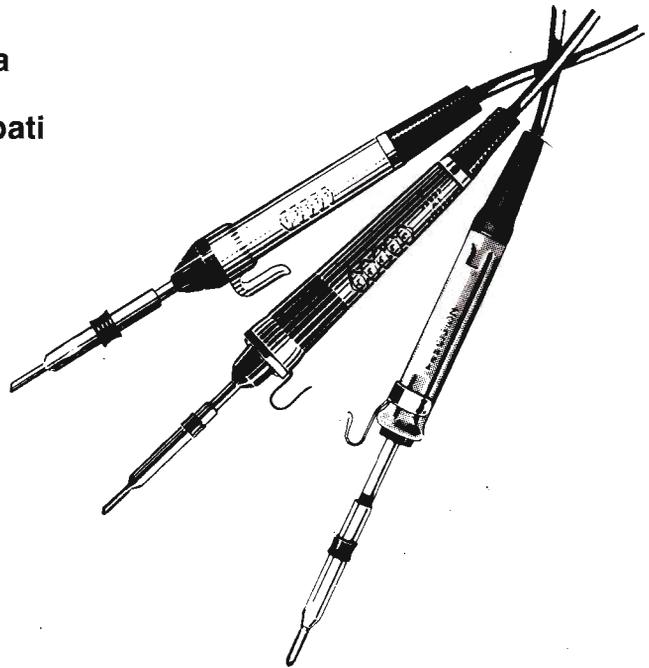
Chi rimane sensibilizzato dalle più svariate attività elettroniche dilettantistiche o ricreative, cerca di utilizzare, molto presto, quell'utensile famoso ed indispensabile che prende il nome di saldatore elettrico. Per eseguire, con questo, quell'operazione universalmente nota come "saldatura a stagno" che, a volte, viene considerata, erroneamente, un lavoro di incollatura fra parti metalliche, da effettuare banalmente, senza alcuna preparazione tecnica. Con il risultato, assai frequente nel mondo dei principianti, di impedire il funzionamento di un circuito o di provocare danni gravi ed irreversibili a componenti ed apparati vari.

Il tema della saldatura a stagno, dunque, è da ritenersi di basilare importanza per tutte le tecniche applicative dell'elettronica. Ed ogni operatore ha il dovere di approfondirlo, svilupparlo ed aggiornarlo, soprattutto in considerazione del continuo progresso tecnologico, che invita ad intervenire su elementi nuovi e delicati con modalità diverse ma rigorose. La materia, quindi, deve essere trattata con ordine, prendendo le mosse dal concetto di "saldatura". Cominciamo pertan-

Le prime prove pratiche di ogni dilettante richiedono l'impiego del saldatore elettrico. Ma l'uso di questo utensile prescrive una completa conoscenza della teoria che sta alla base di quell'importante operazione termica, fisica e chimica, che va sotto il nome di saldatura a stagno.

Esecuzione della saldatura

Saldature su circuiti stampati

Dissaldatura

Utensili per dissaldare

to col dire che questa parola interpreta la congiunzione, attraverso un procedimento termico, di due metalli. Che si ottiene portando a temperatura di fusione una certa quantità di materiale di apporto, vale a dire di stagno, interposto fra le parti da saldare. La temperatura di fusione dello stagno si identifica con quel valore della scala centigrada per il quale lo stagno stesso passa dallo stato solido a quello liquido: 231,9° C.
Ma quello impiegato in elettronica non è stagno puro, bensì una lega di stagno e piombo, nella quale le quantità dei due metalli cambiano con una conseguente variazione della temperatura di fusione della lega fra i 190° C e i 280° C.
La saldatura a stagno non oppone grande resistenza alla trazione meccanica delle parti saldate, ma offre un'ottima continuità elettrica fra le superfici connesse.
Non tutti i metalli possono essere sottoposti al processo di saldatura a stagno. L'alluminio, ad esempio, per sua natura chimico-fisica, non consente questo tipo di saldatura, mentre si effettuano saldature perfette sul rame, ferro, ottone, argento, che rappresentano i metalli maggiormente presenti negli apparati elettronici.

ELEMENTI PER SALDARE

Per realizzare le saldature a stagno occorrono tre elementi: il disossidante, lo stagno ed il saldatore elettrico. Ma prima di effettuare ogni saldatura occorre pulire le parti da saldare, ovvero liberarle da quel velo di ossido che, a contatto con l'aria, si forma inevitabilmente sulle superfici metalliche. Perché se l'ossido non viene asportato, meccanicamente tramite lamette da barba, temperini o carta vetro, oppure chimicamente per mezzo di sostanze disossidanti, lo stagno non riesce a "legare".
Molto spesso, quando l'elemento disossidante contenuto nel filo-stagno, appositamente costruito e commercializzato per impieghi nel settore elettronico, non è sufficiente ad annullare l'ossido formatosi sulle superfici da saldare di parti in ferro, ottone e rame, si deve ricorrere ai disossidanti aggiuntivi, come ad esempio le paste leggermente acide o i liquidi più penetranti che, peraltro, sono molto corrosivi e non possono essere usati durante il lavoro di montaggio dei componenti elettronici.
Un accessorio molto utile, ma non indispensabi-

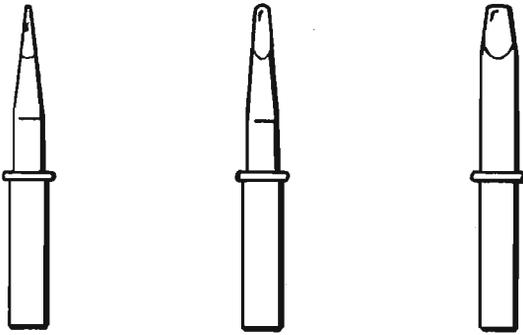



Fig. 1 - Le punte dei saldatori vengono costruite con forme e dimensioni diverse, per adattarsi alle più svariate operazioni di saldatura a stagno. Quella a sinistra è utilizzata per le saldature su piedini di integrati, quella in posizione centrale per gli usi più comuni, quella a destra per le connessioni di superfici metalliche più ampie.

le, è costituito dalla mattonella nettapunta, rappresentata da un blocchetto di sale ammoniacale, sul quale si passa la punta del saldatore quando questa, per eccessivo riscaldamento o prolungata esposizione alla polvere, appare ossidata al punto da rifiutare lo stagno, che invece dovrebbe distendersi uniformemente su di essa.

Il filo-stagno, è il materiale d'apporto di elezione nei procedimenti di saldatura a stagno per tutti i settori dell'elettronica. Esso è composto da un filo cavo per tutta la sua lunghezza, internamente riempito di una sostanza che, a caldo, cola con lo stagno e reagisce chimicamente sulle parti da saldare, disossidandole. Questo speciale tipo di stagno, che nella migliore qualità appare lucente e flessibile, viene venduto in rocchetti di varie di-

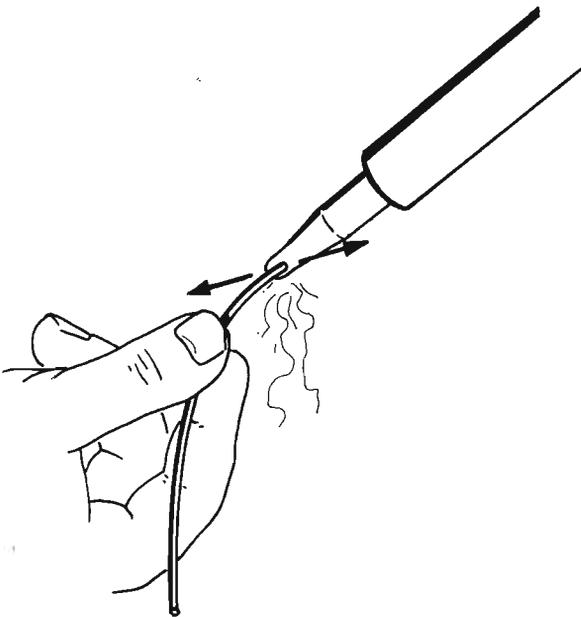



Fig. 2 - Prima di iniziare ogni operazione di saldatura, si deve fondere, sulla punta del saldatore, una piccola quantità di materiale di apporto (filo-stagno).

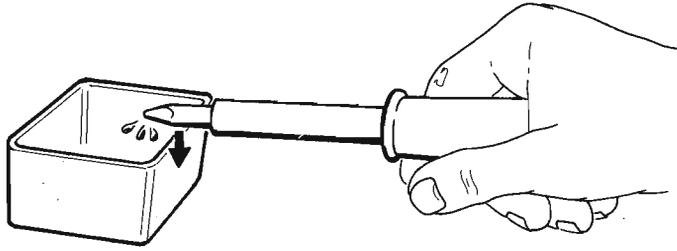



Fig. 3 - Quando sulla punta del saldatore si è depositata una quantità eccessiva di stagno, occorre eseguire l'operazione qui illustrata, che consiste nello sbattere l'utensile contro il bordo di un contenitore metallico.

mensioni. Ovviamente non si tratta di stagno puro, ma di una lega di stagno e piombo.
Ogni principiante, all'inizio della propria attività, deve procurarsi due rocchetti di filo-stagno di diametro diverso: uno di 0,7 mm ÷ 0,8 mm, l'altro di 1,5 mm ÷ 2 mm. Il primo di questi serve per le saldature su circuiti stampati, il secondo per quelle normali (capicorda, terminali di potenziometri, di interruttori, relè, ecc.).
Purtroppo, in commercio sono presenti anche materiali di apporto molto scadenti, se non di pessima qualità. Ciò significa che, prima dell'acquisto del filo-stagno, conviene chiedere consiglio ad operatori esperti o rivenditori di fiducia.

Fig. 4 - Il testo interpreta, con dovizia di particolari, uno degli esempi più classici di saldatura a stagno, quello del fissaggio di una resistenza sui terminali di una morsettiera.

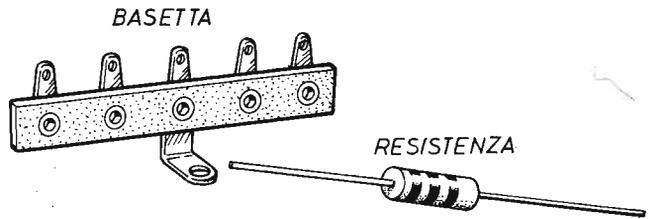



Fig. 5 - La prima operazione, che il dilettante deve eseguire per saldare i reofori di una resistenza sui capicorda di una basetta di sostegno, consiste nel sagomare i terminali del componente nella giusta misura e, successivamente, nel tranciarli correttamente.

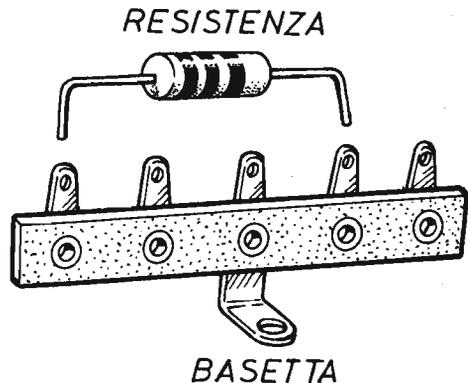
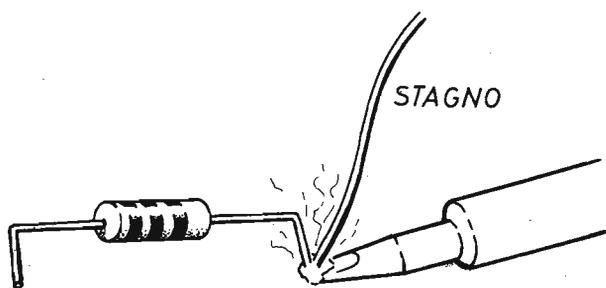



Fig. 6 - L'operazione di prestagnatura dei conduttori agevola la successiva operazione di stagnatura della resistenza sul circuito d'impiego.

IL SALDATORE

Il terzo e più importante elemento per saldare, dopo il disossidante ed il filo-stagno, è rappresentato dal saldatore elettrico. Che il principiante deve acquistare con la massima oculatezza, certamente rifiutando i modelli cosiddetti rapidi a trasformatore incorporato e quelli dotati di punta non preparata. Non servono, infatti, all'inizio dell'attività dilettantistica, questi tipi di saldatori, che vengono invece usati con successo nei vari settori del modellismo e in quelli dell'elettronica. Mentre in un secondo tempo, dopo aver acquisita una buona esperienza, anche il saldatore con

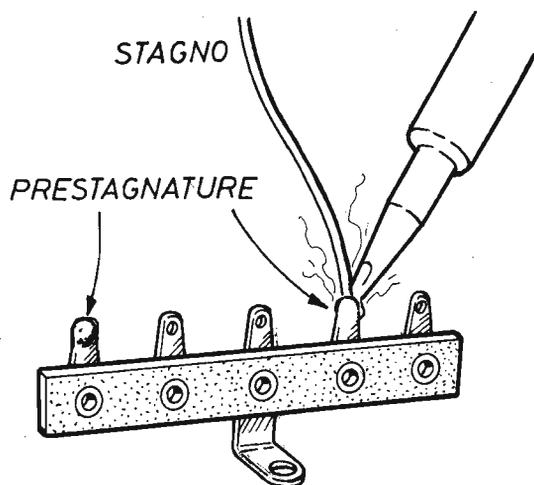



Fig. 7 - Anche i capicorda, sui quali si debbono saldare i terminali dei componenti elettronici, necessitano di una corretta operazione di prestagnatura.

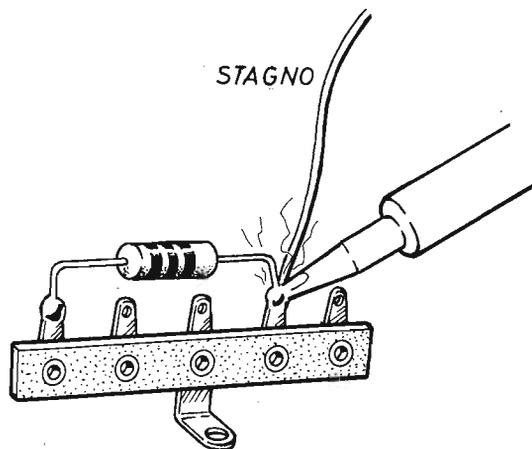



Fig. 8 - L'operazione di saldatura vera e propria del reoforo di un componente elettronico, in questo caso di una resistenza, si effettua appoggiando la punta dell'utensile sul punto da saldare e provocando, contemporaneamente, la fusione di una piccola quantità di filo-stagno. Le precedenti prestagnature delle parti agevolano il processo di congiunzione degli elementi.

punta di rame e quello che si riscalda con molta rapidità, diverranno ottimi utensili nel laboratorio elettronico.
Concludendo, per i primi approcci con i circuiti elettrici, si deve acquistare un saldatore con punta preparata, riconoscibile per il suo colore argenteo, ma che non è d'argento e non si ossida mai e che in commercio è presente per alimentazione da rete a 220 Vca, oppure per tensioni di 12 Vca ÷ 24 Vca, tramite trasformatore isolatore da rete.
Attualmente si possono reperire saldatori a temperatura controllata, che forniscono calore soltanto durante la fase operativa e che funzionano per mezzo di un sensore ferromagnetico, il quale cambia le sue caratteristiche a determinate temperature. In pratica, in questi utensili, l'attrazione e la repulsione di un magnete permanente azionano l'interruttore di alimentazione, con il risultato di fornire, velocemente, alla resistenza, l'energia necessaria durante il lavoro di saldatura, oppure di ridurla, interrompendo l'alimentazione, nei momenti di inattività.
Per questi saldatori sono disponibili varie punte tarate per lavorare a differenti temperature, come illustrato nel disegno di figura 1, in cui la prima punta a sinistra serve per le saldature dei piedini degli integrati, quella in posizione centrale va adoperata per le saldature di tipo più comune e quella a destra per connessioni di superfici più ampie.

ESECUZIONE DELLE SALDATURE

Chi ha ben assimilato il concetto teorico di saldatura a stagno, può ora prendere in mano il saldatore per iniziare questo nuovo tipo di lavoro, eseguendo le successive operazioni nell'ordine con cui, qui di seguito, vengono descritte.
La prima cosa da fare è quella di innestare la spina del saldatore elettrico in una presa di corrente ed attendere che la punta saldante raggiunga la temperatura di fusione dello stagno; di solito bastano cinque minuti circa. Poi si fonde una piccola porzione di stagno sulla punta dell'utensile, nel modo indicato in figura 2, con lo scopo di controllare le raggiunte condizioni di operatività. Soltanto nel caso in cui la quantità di stagno distribuitasi sulla parte terminale della punta sal-

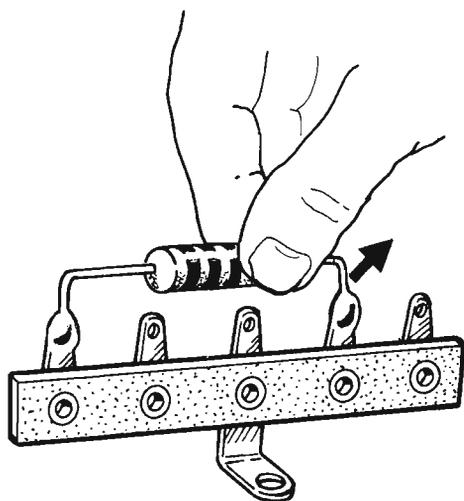



Fig. 9 - A saldatura avvenuta, conviene sempre esercitare sul componente una certa forza di trazione, onde constatare la robustezza delle congiunzioni delle parti.

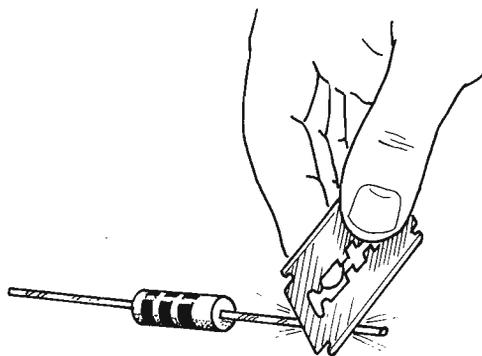



Fig. 10 - Se i reofori di un componente appaiono molto ossidati o, più semplicemente, assai sporchi, l'azione chimica su di essi del disossidante può risultare vana. In questi casi, quindi, è necessario raschiare energicamente i conduttori con una lametta, fino ad evidenziarne la lucentezza metallica.

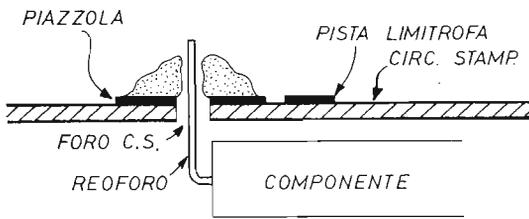



Fig. 11 - Saldatura apparentemente corretta, ma praticamente errata. Una eccessiva ossidazione del reoforo del componente ha impedito allo stagno di aderire su questo, mentre la saldatura si è realizzata sulla piazzola di rame del circuito stampato (c.s.).

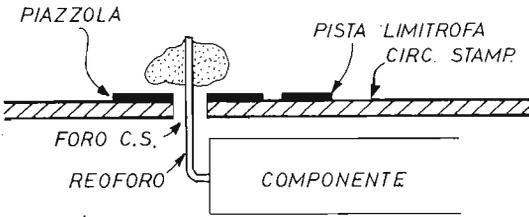



Fig. 12 - In questo esempio, lo stagno ha aderito al reoforo, ma non alla piazzola di rame del circuito stampato, evidentemente a causa di mancanza di pulizia delle piste di rame o di saldatura troppo affrettata.

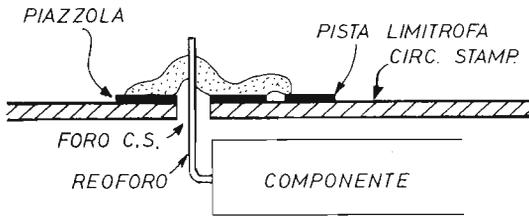



Fig. 13 - L'eccessiva quantità di stagno ha invaso una pista limitrofa del circuito stampato, creando un collegamento elettrico imprevisto.

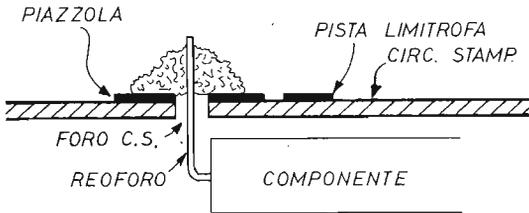



Fig. 14 - Se la porzione di stagno rappreso assume un'espressione rugosa o spugnosa, la causa è da attribuirsi ad un involontario movimento del reoforo durante la saldatura, oppure ad una pessima qualità di filo-stagno.

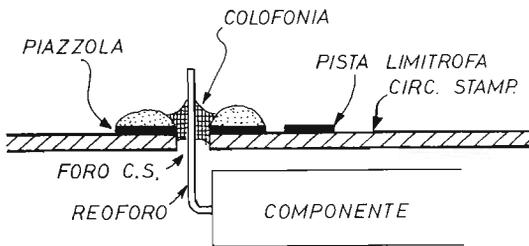



Fig. 15 - Le saldature eseguite frettolosamente possono produrre l'effetto qui illustrato. Il disossidante, contenuto nel filo-stagno, si trasforma in una sorta di pece, chiamata colofonia, la quale coinvolge il reoforo del componente, isolandolo elettricamente dallo stagno che pur ha aderito alla piazzola del circuito stampato.

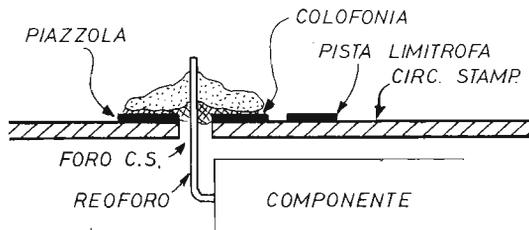



Fig. 16 - Quando si opera con troppa fretta, la colofonia può intromettersi fra lo stagno rappreso sul reoforo del componente e la piazzola di rame del circuito stampato.

Fig. 17 - Esempio di stagnatura elettricamente valida, ma considerata debole, dato che lo stagno non ha interamente ricoperto la piazzola di rame del circuito stampato.

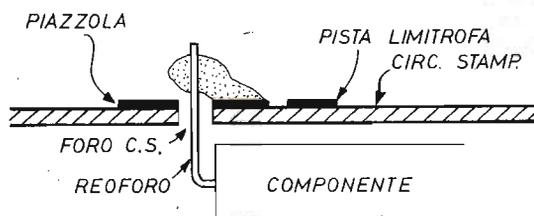



Fig. 18 - La colofonia può agire da elemento di cementificazione fra lo stagno ed il reoforo del componente, quando questo si sfila dal foro del circuito stampato durante la saldatura, offrendo l'impressione di una esecuzione corretta.

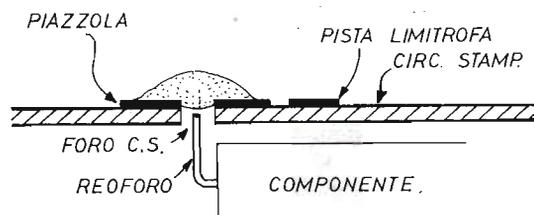



Fig. 19 - Non è mai consigliabile ripiegare i terminali dei componenti, anche se con tale operazione le saldature diventano perfette. Perché in occasione di eventuali sostituzioni degli elementi, la piegatura ne impedisce l'agevole rimozione.

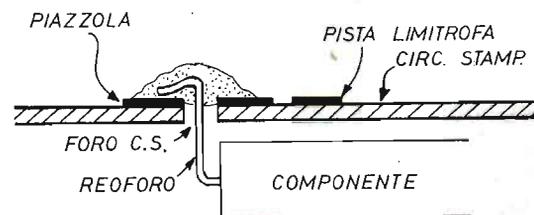



Fig. 20 - Se la saldatura di un terminale è ritenuta perfetta e non necessita più di alcun ritocco, allora si può tranciare la porzione di conduttore che fuoriesce dallo stagno.

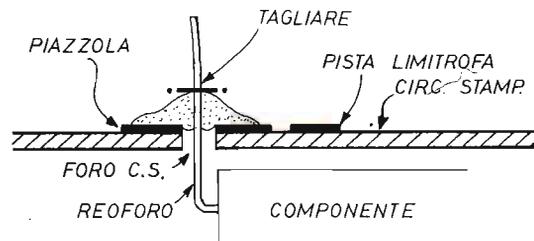



Fig. 21 - In una stessa piazzola del circuito stampato possono essere presenti due o tre fori, destinati ad ospitare altrettanti reofori di componenti. I quali debbono essere saldati uno alla volta e non contemporaneamente con un'unica saldatura.

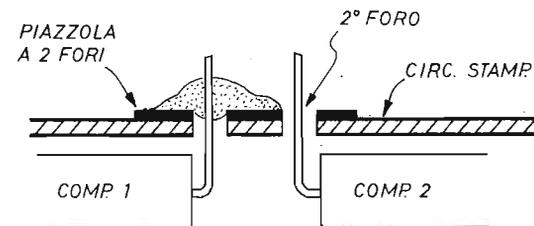
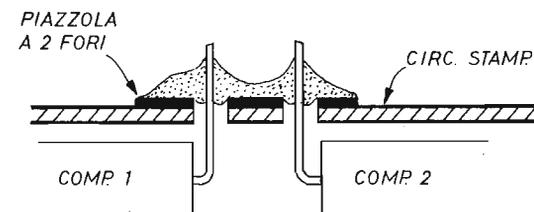



Fig. 22 - Saldatura doppia perfetta, eseguita sui terminali di due reofori presenti nella stessa piazzola del circuito stampato.

dante fosse ritenuta eccessiva, si dovrà eliminare l'eccedenza seguendo il suggerimento di figura 3, ovvero battendo la punta del saldatore su un fianco di una scatolina metallica, affinché le gocce di stagno esuberante cadano dentro, senza creare danni altrove con la loro elevata temperatura.
Si immagini poi di dover saldare i due terminali di una resistenza sui capicorda di una morsettiera, come segnalato nel disegno di figura 4 e in quello di figura 5, dopo aver tranciati e ripiegati, nella giusta misura, i due reofori del componente elettronico. Ebbene, una volta ultimate, con sufficiente precisione, le due operazioni meccaniche menzionate, si comincia col prestagnare le due estremità metalliche della resistenza e i due capicorda prescelti per il fissaggio del componente, secondo quanto illustrato nelle figure 6 e 7. Soltanto adesso tutto è pronto per la saldatura finale della resistenza, che si esegue nel modo segnalato in figura 8. Ma si tenga sempre nella massima considerazione il fenomeno per cui il filo-stagno si scioglie soltanto quando si trova in intimo contatto con la punta del saldatore e, soprattutto, ci si ricordi che il passaggio dallo stato solido a quello liquido del materiale di apporto non deve interpretarsi come un segnale di saldatura avvenuta, che autorizza l'operatore a sollevare l'utensile, perché si deve attendere sempre che il calore possa distribuirsi uniformemente e nella massima quantità sulle parti da saldare; per tale processo fisico sono richiesti generalmente alcuni secondi. La punta del saldatore, quindi, va sollevata dopo che lo stagno, allo stato liquido, ha ricoperto agevolmente tutte le parti metalliche che debbono rimanere saldate e senza sottoporre queste a movimenti o sollecitazioni per alcuni secondi, onde concedere allo stagno il tempo necessario alla sua solidificazione.
La saldatura a stagno, a questo punto, deve considerarsi eseguita. Ma per constatare la buona riuscita, conviene esercitare una leggera trazione meccanica sulla resistenza, muovendola un po' da una parte e un po' dall'altra, così da accertarsi del suo perfetto fissaggio, come propone il disegno di figura 9.
L'esercizio pratico diviene in ogni caso il miglior maestro per tutti e col passare del tempo le operazioni di saldatura appariranno sempre più semplici ed istintive. Ma la regola fondamentale rimane costantemente la stessa: pulizia perfetta delle parti da saldare, impiego di stagno di ottima qualità ed esecuzioni relativamente lente con saldatore elettrico adatto ai vari tipi di intervento.
Quando capita che lo stagno non vuol aderire ai reofori della resistenza, già presa ad esempio durante l'interpretazione pratica della saldatura, oppure quando lo stagno si suddivide in molte palline e, quindi, in modo non uniforme, l'inconveniente va attribuito ad una ossidazione delle parti da saldare, sulle quali l'intervento del disossidante, contenuto nel filo-stagno, non è stato sufficiente. In questi casi si deve intervenire meccanicamente con una lametta o con la lama di un temperino, per raschiare i reofori secondo il suggerimento illustrato in figura 10.
Si è detto che le operazioni di saldatura richiedono un tempo di alcuni secondi, di solito di uno o due secondi quando si tratta dei reofori dei componenti elettronici. Un po' di più quando le saldature interessano capicorda, terminali di elementi elettromeccanici, parti metalliche di un certo spessore e di superfici relativamente estese. In ogni caso non si debbono mai superare i dieci secondi, ricordando sempre che alcuni componenti elettronici, come ad esempio i diodi al germanio, i transistor, gli integrati e molti altri elementi moderni possono subire danni irrimediabili, se sottoposti ad eccessi di calore.

SALDATURE SU CIRCUITI STAMPATI

Le saldature a stagno, dei terminali dei vari componenti elettronici sulle piste di rame dei circuiti stampati, non consentono le operazioni di prestagnatura consigliate in tutti gli altri casi. Perché prestagnando i reofori, questi aumenterebbero di spessore e non entrerebbero più nei rispettivi fori delle basette-supporto. Pertanto, prima di effettuare le saldature occorre provvedere alla disossidazione di tutte le parti in causa, raschiando i conduttori fino ad evidenziarne tutta la lucentezza metallica e pulendo i circuiti stampati con pezzuole imbevute di alcol. Altrimenti si possono ottenere le cosiddette saldature "fredde", come quelle, ad esempio, illustrate nelle figure 11 e 12, ma ricordando che il termine "freddo" non giustifica un preciso rapporto con la temperatura, appartenendo al gergo dell'elettronica, dove designa una saldatura malamente eseguita.
L'esempio di saldatura riportato in figura 13, nel quale lo stagno è indicato dalla parte punteggiata che coinvolge il reoforo del componente, richiama l'attenzione dell'operatore sulle quantità di stagno da impiegare di volta in volta, che non debbono essere poche ma neppure troppe, come accade per la saldatura di figura 13, nella quale l'eccesso di stagno si è riversato su una pista di rame limitrofa, creando una conduzione elettrica fuori circuito.
Quando la superificie esterna dello stagno non appare uniforme, come nel disegno di figura 14,

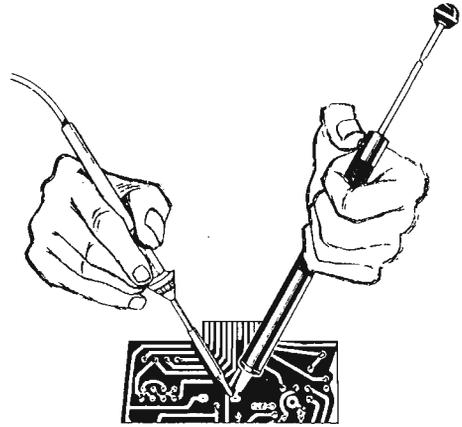



Fig. 23 - L'operazione di dissaldatura può essere condotta tramite il saldatore, che provvede a fondere lo stagno, ed una particolare pompetta che lo aspira.

la saldatura non deve ritenersi corretta e va rifatta. Dato che, durante il processo di solidificazione dello stagno, il reoforo del componente ha subìto qualche sollecitazione, ossia non è rimasto perfettamente fermo. Una saldatura di questo tipo potrebbe definirsi "debole".
Quella pubblicata in figura 15 potrebbe sembrare una saldatura perfetta, ma in realtà non lo è, perché è stata eseguita con troppa fretta e lo stagno, pur avendo aderito alla pista di rame, non ha raggiunto il terminale del componente, sul quale si è depositato uno strato di pasta disossidante fusa e mescolata con le impurità raccolte durante il processo di saldatura, che prende il nome di "colofonia" ed è molto simile alla pece greca.
Si tenga presente che il disegno di figura 15,

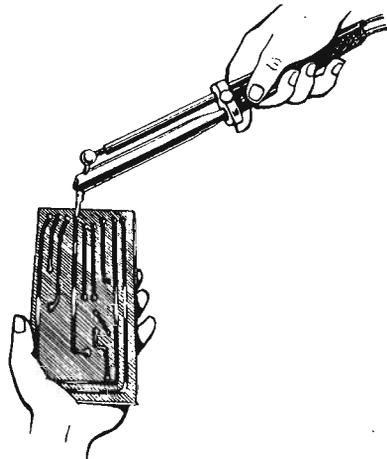



Fig. 24 - Esistono in commercio molti modelli di dissaldatori, di tipi e prezzi diversi, che provvedono alla fusione ed alla aspirazione dello stagno fuso contemporaneamente. Quello qui riprodotto costituisce un esempio assai comune di dissaldatore.

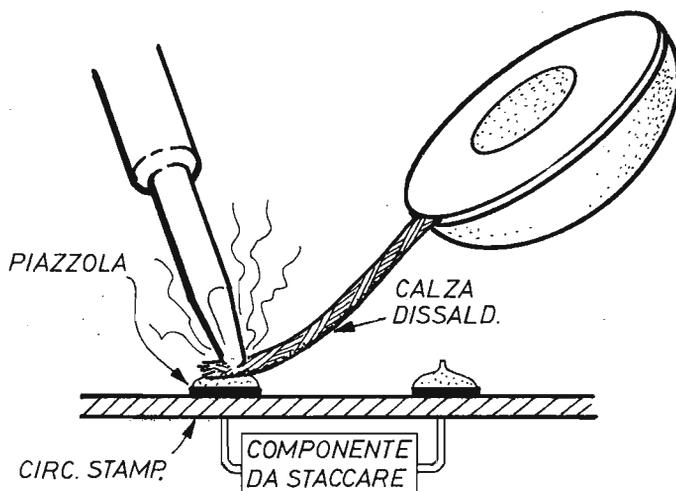
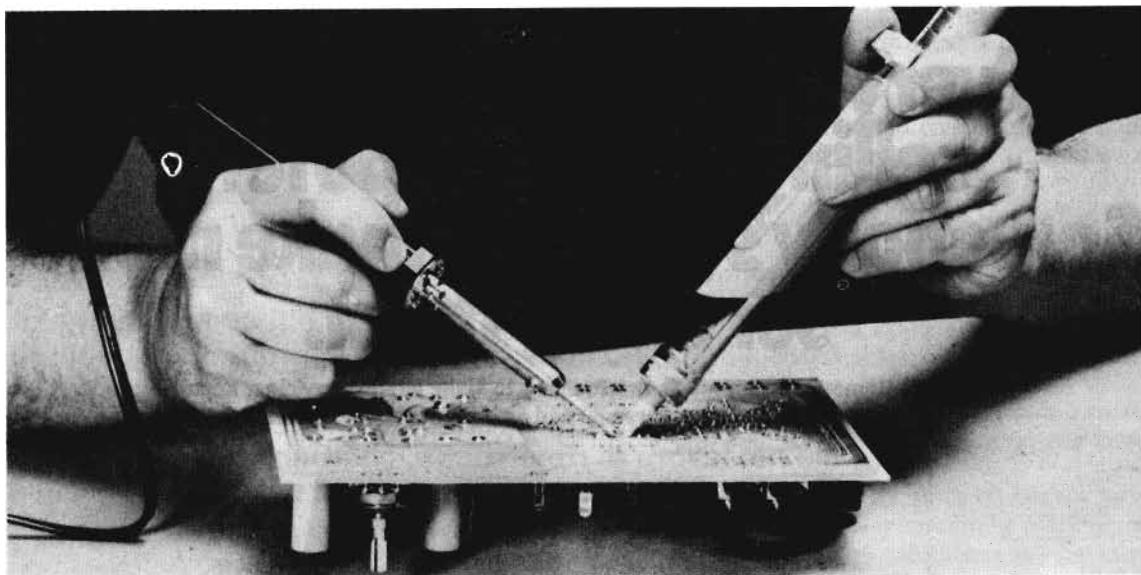



Fig. 25 - Al dilettante si consiglia di eseguire l'operazione di dissaldatura per mezzo della treccia metallica dissaldante, commercialmente conosciuta come "calza dissaldante".

come quelli delle figure 11 - 12 - 13 - 14 e così via fino alla figura 22, è presentato con proporzioni ingigantite in alcune parti, mentre talune distanze reali, quelle che non consentono di giudicare ad occhio nudo la qualità della saldatura, rimangono nell'ordine di pochi decimi di millimetro.
La saldatura illustrata in figura 16 è analoga a quella di figura 15, anche se questa volta lo stagno ha perfettamente aderito al terminale del componente, ma è rimasto sollevato dalle piste di rame per colpa della colofonia.
Un ulteriore esempio di saldatura errata è quello di figura 17, nel quale lo stagno ha saldato perfettamente il reoforo del componente, ma non ha investito completamente la piazzola di rame. Anche se elettricamente valida, la saldatura è da ritenersi "debole" e, quindi, da rifarsi.
Il disegno di figura 18 vuol ricordare che, non tenendo ben fermo il terminale del componente dentro il foro del circuito stampato (c.s.), questo può facilmente sfilarsi durante la saldatura ed essere mantenuto in sede non dallo stagno ma dalla colofonia, offrendo alla vista dell'operatore una saldatura apparentemente esatta. Per evitare tale inconveniente, si potrebbe ripiegare leggermente il terminale, come indicato in figura 20, ma questo sistema è sconsigliabile, dato che non consente una agevole dissaldatura del componente, quando questo debba essere sostituito, per un qualsiasi motivo tecnico, con altro elemento.
La saldatura tecnicamente perfetta è quella illustrata in figura 20; il terminale viene tranciato, al livello della superficie dello stagno, a saldatura avvenuta ed essendo rimasto in posizione verticale.
Quando due o tre terminali di componenti diversi fuoriescono da altrettanti fori presenti in una stessa piazzola di rame, non è corretto coinvolgerli tutti con un'unica grossa goccia di stagno. Si debbono invece, al contrario di quanto suggerisce il disegno di figura 21, eseguire due o tre saldature per volta, pur consentendo che le porzioni di stagno confinanti possano unirsi, come segnalato in figura 22.

DISSALDATURA

Con lo stesso saldatore elettrico con cui si effettuano le saldature, si realizzano pure quelle ope-

razioni inverse che prendono il nome di dissaldature e che consentono di togliere da un circuito un componente che deve essere sostituito.
Normalmente, la dissaldatura di un terminale, un conduttore o un capocorda è impresa assai facile. Perché è sufficiente porre la punta del saldatore sullo stagno per provocarne la fusione e, contemporaneamente, esercitare una lieve trazione sull'elemento che si vuol eliminare fino al suo completo distacco. Le cose invece si complicano quando occorre intervenire sui circuiti stampati e, in particolare, sui piedini di diodi, transistor ed integrati. Ma questi ultimi, fortunatamente, vengono quasi sempre applicati su appositi zoccoletti, dai quali possono essere agevolmente rilevati. L'industria, tuttavia, non ricorre al sistema dello zoccoletto, per ridurre i tempi di lavoro ed il riparatore professionista deve sapere in che modo si possono dissaldare otto o sedici piedini quasi contemporaneamente.
Al principiante tocca spesso di sostituire, su un circuito stampato, un transistor guasto con altro efficiente. Egli, dunque, deve conoscere la tecnica della dissaldatura, che va applicata quando non si è perfettamente certi dell'avaria di un transistor, dato che, in caso contrario, basta tranciare i reofori del componente senza effettuare alcuna dissaldatura.
Per dissaldare i terminali di un transistor, si possono adottare due sistemi, uno di tipo più professionale e l'altro di carattere artigianale, che rimane il più consigliabile per i principianti.
In entrambi i metodi l'intervento manuale consiste nell'eliminare la maggior quantità possibile di stagno depositata sulle tre piazzole di rame, dalle quali affiorano i terminali dei semiconduttori. Poi è sufficiente toccare in rapida successione i tre fori, con la punta del saldatore, per provocare lo sfilamento del componente dal circuito stampato.
Per questa operazione, molti tecnici utilizzano un utensile denominato dissaldatore, oppure una pompetta aspirante lo stagno fuso da usare contemporaneamente al saldatore nel modo indicato in figura 23.
I dissaldatori, invece, esercitano allo stesso tempo le due funzioni di fusione ed aspirazione dello stagno (figura 24).
Al principiante si consiglia di eseguire l'operazione di dissaldatura servendosi della treccia metallica dissaldante, più comunemente conosciuta con l'espressione di "calza dissaldante", il cui impiego si effettua secondo quanto illustrato in figura 25. La treccia va posta sopra lo stagno e la punta del saldatore sopra questa. Durante il processo di fusione dello stagno, la treccia, che vanta uno speciale trattamento superficiale e viene appositamente venduta presso i rivenditori di materiali elettronici, assorbe, per capillarità, la lega saldante, vale a dire lo stagno.

Energia termica in gioco

Temperatura e calore

Regolazione manuale e automatica della temperatura

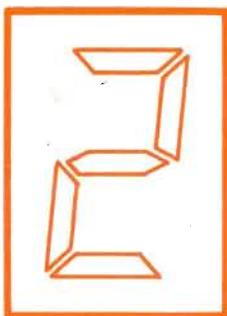
Stazioni di saldatura

Stazioni di dissaldatura

Apparati saldanti e dissaldanti

Stazione saldante economica

TERMOCONTROLLO DEL SALDATORE

Le operazioni di saldatura e dissaldatura sono divenute oggi talmente importanti da comporre un capitolo vero e proprio dell'elettronica. Che non è interamente penetrabile dal principiante, il quale limita le sue prime esperienze all'uso del modello più classico del saldatore elettrico, quello a punta fissa preparata, pronto per l'impiego dopo cinque minuti dal momento che la spina è stata innestata nella presa di corrente. Eppure, un manuale di elettronica elementare, sufficientemente completo, non può trascurare nulla sull'argomento, neppure quanto, in un prossimo futuro, anche il dilettante, esaurita la pratica sperimentale delle prove iniziali, deve conoscere.

Le moderne tecnologie, con cui molti componenti elettronici vengono industrialmente approntati, non tollerano casuali valori di temperature sulle punte dei saldatori, sia durante le operazioni di montaggio circuitali, sia nel lavoro di riparazione, costringendo il tecnico all'impiego di particolari utensili o di complete stazioni di saldatura.

Dunque, se per il momento il lettore può accantonare le argomentazioni che, qui di seguito, verranno menzionate, in un tempo non lontano queste forniranno il supporto necessario per l'affinamento della tecnica della saldatura, la cui analisi, nelle pagine precedenti, è stata articolata attraverso i rudimenti della disciplina teorica e pratica.
Molti elementi aggiuntivi al tradizionale processo di saldatura a stagno, sono dettati dalle attuali tecnologie con cui certi componenti elettronici vengono industrialmente approntati. Capita infatti che, per alcuni integrati, transistor, diodi ad effetto di campo, al silicio o al germanio, la temperatura della punta del saldatore non può superare un preciso valore; per altri elementi, invece, la temperatura deve assolutamente rimanere al di sotto di una data grandezza. Ecco sorgere, quindi, la necessità di disporre di un modello di saldatore con punte intercambiabili, a temperatura controllata, sia automaticamente, sia a comando manuale. E l'industria, a tale esigenza tecnica, ha risposto con sollecitudine, immettendo sul mercato una vasta quantità di saldatori per usi professionali e di complete stazioni saldanti e dissaldanti, i cui prezzi, certamente non accessibili a tutte le borse, superano sovente il milione di lire.
Con questi nuovi e sofisticati utensili o con i più perfezionati apparati saldanti, il tecnico può intervenire, con la massima sicurezza di esecuzione, in tutti i settori dell'elettronica concettualmente e circuitalmente più avanzata, senza intravedere nell'energia termica in gioco, un ipotetico pericolo di danneggiamento delle parti trattate.
Si possono qui concludere queste poche annotazioni iniziali, affermando che l'aggiornamento delle operazioni di saldatura consiste, in molti casi, che non sono ovviamente quelli degli esperimenti dilettantistici, nel controllo delle ben note entità fisiche che vanno sotto i nomi di energia termica, calore, temperatura e che i principianti debbono conoscere e, soprattutto, distinguere fra loro.

TEMPERATURA E CALORE

Capita spesso che il profano confonda tra loro i due termini di temperatura e calore, anche se questi esprimono due concetti profondamente diversi. Facciamo un esempio: un ago posto sopra la fiamma di una candela, come indicato in figura 1, diviene rapidamente incandescente e durante questo processo la temperatura dell'oggetto raggiunge valori altissimi, tali da arroventarlo, mentre la quantità di calore assorbita è modesta.
L'acqua contenuta in una vasca da bagno, pronta per lavarsi, vanta una temperatura modesta, ma durante il processo di riscaldamento ha immagazzinato una grande dose di calore. Ebbene,

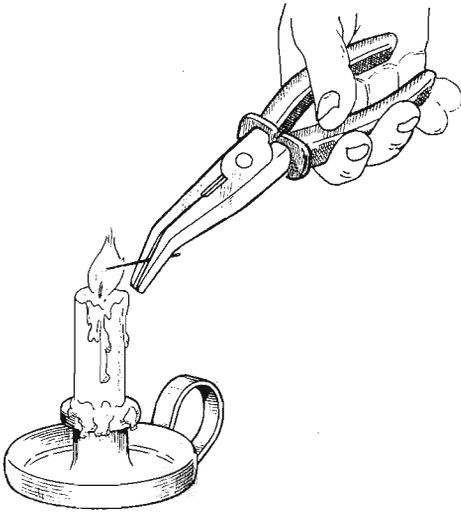



Fig. 1 - Un ago, posto per alcuni istanti sopra la fiamma di una candela, diviene incandescente in breve tempo, assorbendo una modesta quantità di calore, ma raggiungendo valori elevatissimi di temperatura.

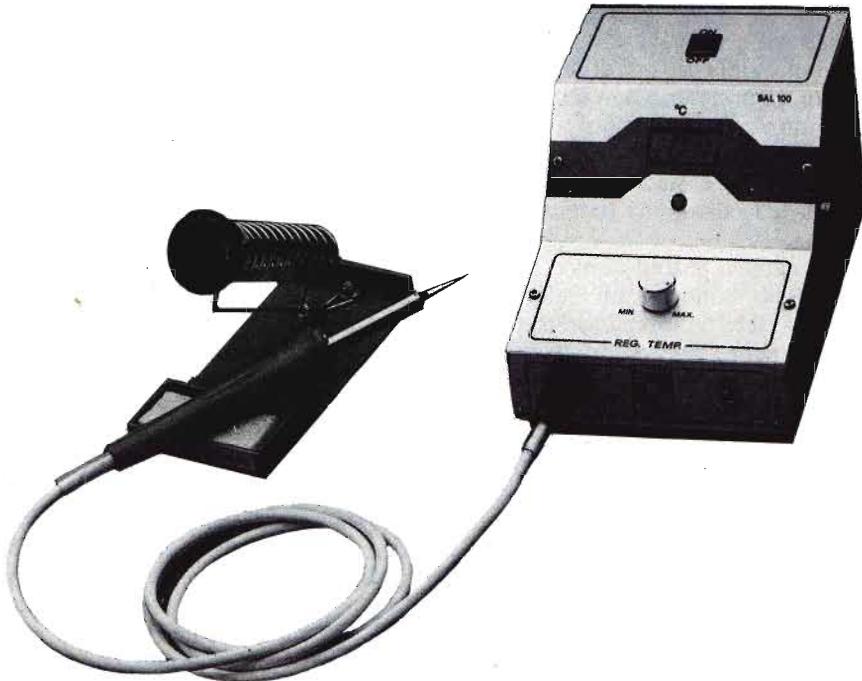



Fig. 2 - Esempio di stazione di saldatura a controllo elettronico, in grado di intervenire sullo zero della sinusoide della tensione alternata di alimentazione, senza provocare picchi di voltaggio.

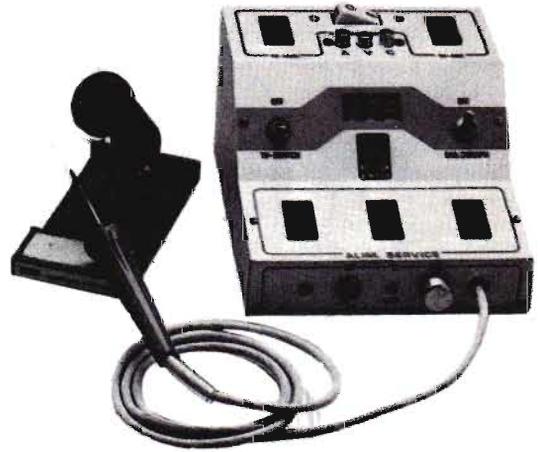



Fig. 3 - In questa stazione di saldatura il controllo della temperatura è manualmente regolabile entro un'ampia gamma di valori. Le indicazioni sono visualizzate mediante display a tre cifre.

questi due esempi offrono già un'idea chiara sulla differenza tra i due termini calore e temperatura.
Ricorrendo alla terminologia fisica, si dovrebbe dire che la temperatura ed il calore trovano un preciso riferimento nei moti di agitazione molecolare della materia. Il calore esprime la somma totale delle velocità di movimento delle molecole contenute in un corpo, mentre la temperatura misura la velocità media di movimento di una so-

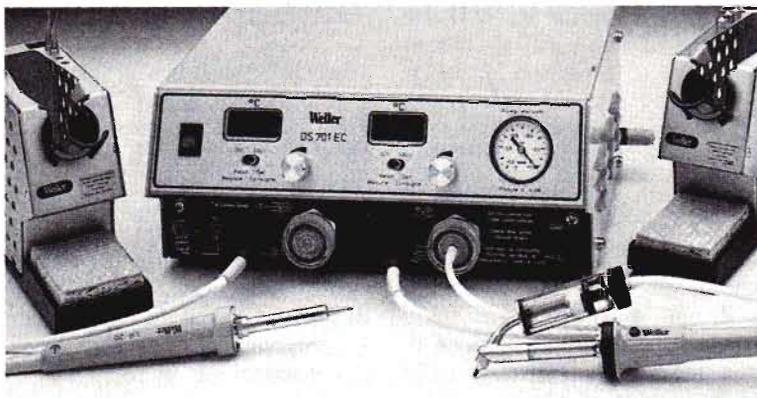



Fig. 4 - Le apparecchiature più complete e sofisticate comprendono entrambe le sezioni, quella saldante e l'altra dissaldante. Due display digitali visualizzano le temperature delle singole operazioni.

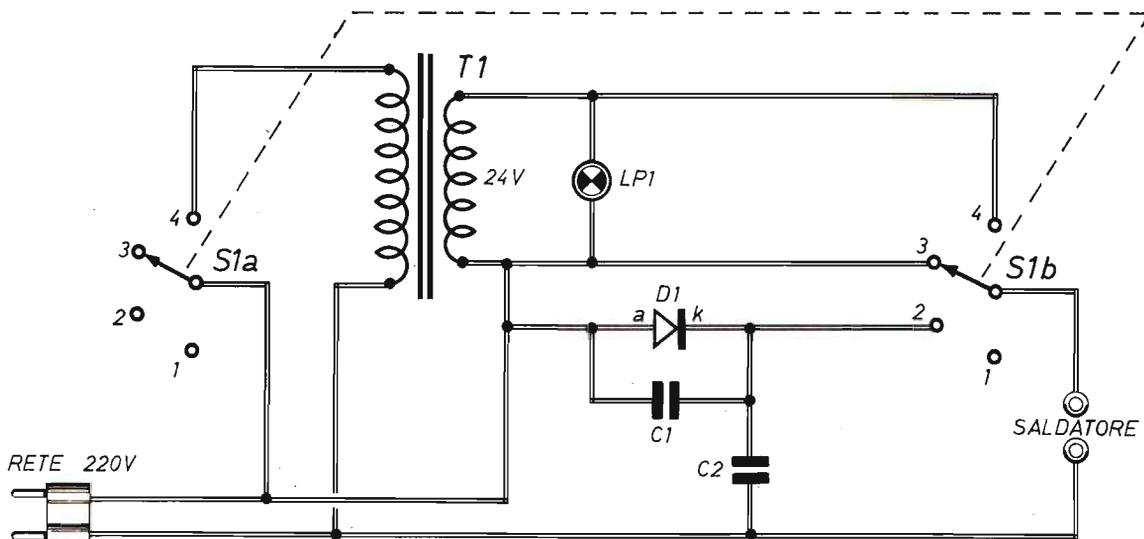



Fig. 5 - Circuito elettrico della stazione di saldatura economica, con la quale il saldatore può funzionare in tre condizioni termiche diverse.

COMPONENTI

C1 = 47.000 pF - 1.000 VI
C2 = 47.000 pF - 1.000 VI
D1 = diodo al silicio (1N4007)
T1 = trasformatore (220 V - 24 V - 0,5 A)
S1 = commutatore (2 vie - 4 posizioni)
LP1 = lampada-spia (24 V - 0,1 A)

la molecola. Il calore, dunque, è energia meccanica valutata quantitativamente, la temperatura invece rappresenta una valutazione particolare di tale energia.
Come ogni altra forma di energia, anche il calore subisce trasformazioni, di cui sono molti gli esempi che la vita di ogni giorno ci offre; nelle centrali termoelettriche, ad esempio, genera o, meglio, si trasforma in energia elettrica; nelle vecchie locomotive a vapore produceva movimento. Ma ciò che maggiormente importa, nell'ambito della presente trattazione, è la conoscenza dei diversi processi di trasmissione di energia termica, che non riguardano soltanto il comportamento del saldatore, ma si estendono ai problemi di raffreddamento dei semiconduttori in funzione nei più diversi apparati elettronici.
Il calore si trasmette secondo tre modi differenti: per conduzione, per convezione e per irraggiamento. Tuttavia, per chiarire il significato di tali espressioni, servono, meglio delle interpretazioni fisiche, alcuni esempi.
La trasmissione di calore per conduzione si verifica quando non v'è alcun movimento apparente di materia. Il calore arriva alla punta del saldatore provenendo dalla resistenza di riscaldamento per conduzione. Il ferro da stiro si riscalda per conduzione.
Il calore invece si trasmette per convezione quando il processo si svolge tramite un movimento di particelle materiali. Nelle nostre case, ad esempio, l'aria viene riscaldata dai caloriferi per convezione. L'acqua contenuta in una pentola, posta sopra la fiamma del gas, si riscalda per convezione. Infatti, in entrambi questi esempi le molecole dell'aria e dell'acqua si muovono e fungo-

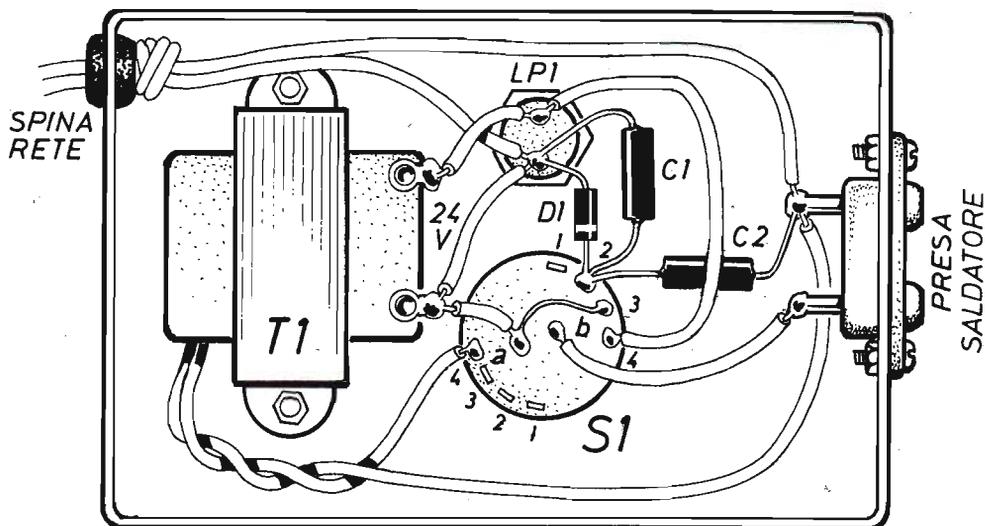



Fig. 6 - Montaggio indicativo della stazione saldante, di tipo economico, descritta nel testo. Sul perno del commutatore S1 si innesta una manopola di pilotaggio delle tre condizioni termiche con cui si fa funzionare il saldatore.

no da veicoli del calore, trasportandolo lontano dalla sorgente termica. La materia quindi interviene e costituisce il mezzo di trasferimento dell'energia termica.

Rimane infine da interpretare il fenomeno della trasmissione di calore per irraggiamento, che si manifesta quando, tra la sorgente termica ed il corpo che si riscalda, non è interposto alcun mezzo materiale. L'esempio più naturale, in questo caso, ci è offerto dal sole, che riscalda la terra attraverso gli spazi siderali, assolutamente privi di materia.

Il sistema di trasmissione di calore che interessa le saldature a stagno è il primo dei tre ora citati, ovvero quello per conduzione, mentre i processi di raffreddamento dei semiconduttori si svolgono secondo il metodo della convezione, come accade per i caloriferi di uso domestico.

STAZIONI DI SALDATURA

Senza ricorrere all'acquisto di una delle tante stazioni saldanti e dissaldanti, attualmente reperibili in commercio, si può utilizzare, almeno durante i primi tempi di pratica con l'elettronica applicata, il tradizionale saldatore con termostato meccanico. Il quale inserisce e disinserisce, automaticamente, la linea di alimentazione dell'utensile in relazione con un dato valore di temperatura raggiunto dalla punta saldante. Ma questi modelli di saldatori non possono essere impiegati in quei lavori di montaggio di componenti sensibilissimi alle temperature che variano di valore. Perché il termostato meccanico interviene un po' casualmente sulla sinusoide della tensione alternata e provoca picchi di tensione che danneggiano sicuramente i componenti durante il processo di saldatura.

Per poter agire professionalmente in ogni occasione, si deve equipaggiare il proprio laboratorio con una stazione di saldatura a controllo elettronico, come quella riprodotta in figura 2, che interviene sullo zero della sinusoide e non provoca picchi di tensione. Con questo dispositivo la temperatura della punta saldante può essere manualmente regolata fra i 100°C e i 450°C, con una percentuale di errore di ± 1%.

Un secondo esempio di stazione per saldature a controllo elettronico e con indicazione digitale a

tre cifre della temperatura, regolabile entro la stessa gamma ricordata per l'apparecchiatura precedentemente descritta, è riportato in figura 3. Anche con questa stazione di saldatura le varie operazioni su integrati CMOS o di massa al telaio si eseguono senza cambiare le punte.
Quella pubblicata in figura 4 è una versatile apparecchiatura saldante e dissaldante insieme, appositamente concepita per risolvere il problema della rilavorazione dei circuiti e, in laboratorio, di qualsiasi riparazione. Le temperature di lavoro sono visualizzate tramite display digitali.
Concludendo, possiamo sicuramente affermare che, mediante l'impiego delle stazioni saldanti e dissaldanti, in vendita presso i migliori negozi di apparecchiature elettroniche, i picchi di alternata sulle punte vengono eliminati, le giunzioni e i componenti delicati non subiscono alcun danno provocato dal calore, le operazioni si svolgono serenamente, senza alcuna preoccupazione di scottarsi e non occorre mai perdere tempo per sostituire la punta del saldatore quando si deve intervenire su integrati o sul telaio di massa.

UNA STAZIONE IN ECONOMIA

Per aiutare coloro che non possono permettersi subito, agli inizi della carriera, l'acquisto di una stazione saldante o di un saldatore a temperatura regolabile, è stato concepito, e qui di seguito presentato, il semplice progetto di un regolatore manuale di temperatura del più comune modello di saldatore elettrico.
Il circuito in oggetto è riportato in figura 5. In esso, posizionando il commutatore multiplo S1 in una delle quattro possibili collocazioni (1 - 2 - 3 - 4), si ottengono le seguenti quattro diverse condizioni elettriche del saldatore collegato all'uscita.

1 - Saldatore non alimentato

2 - Saldatore a temperatura bassa

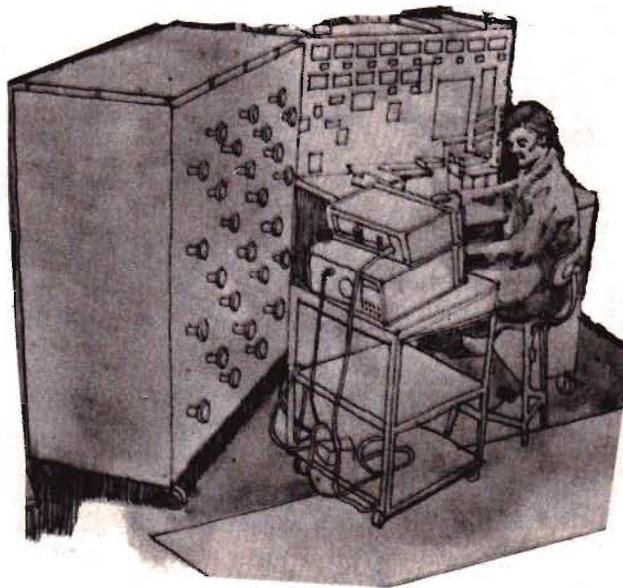
3 - Saldatore a temperatura normale

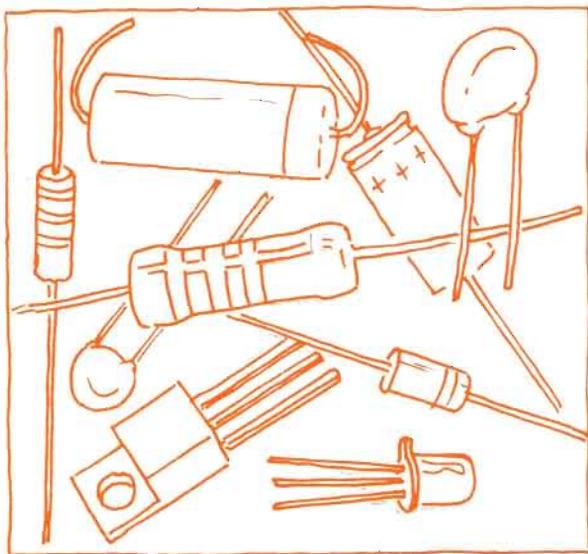
4 - Saldatore a temperatura elevata

Infatti, quando S1a ed S1b si trovano nella posizione 1, il saldatore rimane disalimentato, perché il contatto S1b in 1 non risulta collegato a nessun elemento. Una sola fase della tensione raggiunge il saldatore, quella rappresentata dalla linea conduttrice più bassa e proveniente dalla spina di rete. Ma questa non basta per alimentare l'utensile, che rimane freddo.
Quando S1 è commutato nella posizione 2, uno dei due conduttori della tensione di rete raggiunge il saldatore attraverso il diodo al silicio D1, che elimina le semionde negative della corrente, il cui potere di riscaldamento si riduce nella misura del 50%.
I due condensatori C1 - C2, di uguale tipo e valore, provvedono ad eliminare gli eventuali disturbi a radiofrequenza che il diodo D1 può generare durante il funzionamento dell'apparato, disturbando le apparecchiature radioriceventi situate nelle immediate vicinanze.
Nella posizione 2 di S1, dunque, la punta del saldatore elettrico raggiunge una temperatura di valore inferiore a quella di esercizio dell'utensile. E questa condizione diviene ottima per l'esecuzione di saldature di piccola grandezza, oppure per mantenere caldo il saldatore, senza disinnestarlo dalla presa di corrente, con un minimo consumo di energia.
Tutto funziona normalmente, come se il circuito di figura 1 non esistesse, quando S1 viene posizionato in 3, perché in tal caso il saldatore riceve completamente la tensione di normale funzionamento di 220 Vca.
L'ultima posizione di S1, quella segnalata con il numero 4, inserisce, nel circuito di alimentazione del saldatore, un trasformatore dotato di primario a 220 V e secondario a 24 V. Più precisamente, la sezione S1a inserisce l'avvolgimento primario di T1, la S1b collega un conduttore del saldatore al terminale più alto dell'avvolgimento secondario a 24 V, dato che quello più basso rimane collegato alla fase della tensione alternata. Alla quale si aggiungono ora 24 V, con il risultato di elevare la tensione di alimentazione a 244 V (220 V + 24 V = 244 V). E questa sovratensione riscalda maggiormente la punta del saldatore, approntandolo per l'esecuzione di saldature su ampie superfici o su telai metallici.
Nella posizione 4 di S1 il saldatore non può rimanere per un tempo superiore ai 15 minuti primi, altrimenti la sua resistenza interna può bruciarsi.

MONTAGGIO DEL DISPOSITIVO

Il montaggio della semplice stazione saldante per usi artigianali e dilettantistici, si effettua cablando il circuito nel modo indicato in figura 6, servendosi di un contenitore metallico, ma con tutte le precauzioni necessarie a mantenere ben isolati i conduttori della tensione di rete.
Una sola difficoltà sussiste in sede di montaggio del regolatore di tensione economico di figura 6, quella di un errato collegamento dei terminali dell'avvolgimento secondario a 24 V del trasfor-

matore T1. Infatti, l'inserimento casuale di questo elemento può sortire due risultati diversi, quello di una tensione di 244 Vca considerato esatto e l'altro della tensione di 196 Vca nel nostro caso ritenuto errato. Ciò accade in virtù del collegamento in serie dell'avvolgimento a 24 V del trasformatore T1, la cui tensione, ridotta rispetto a quella di linea, può sommarsi oppure sottrarsi al valore di 220 V:

220 V + 24 V = 244 V
220 V — 24 V = 196 V

Il risultato ritenuto non idoneo al funzionamento corretto del circuito del dispositivo di figura 6 non provoca alcun danno, perché si tratta di una inversione di fase della tensione di alimentazione, ma non conferisce alla stazione di saldatura le caratteristiche tecniche preannunciate. Dunque, a montaggio ultimato, qualora con il commutatore S1 in posizione 4 il valore della tensione in uscita fosse di 196 V, per correggere l'errore basterà invertire tra loro i collegamenti sul secondario di T1.
La lampadina LP1 si accende soltanto quando il circuito funziona in condizioni di superalimentazione, con S1 commutato in posizione 4 ed avverte l'operatore sulla pericolosità di alimentare il saldatore con la tensione di 244 V oltre il tempo di una quindicina di minuti primi.
Per quanto riguarda i componenti necessari per la costruzione dell'apparecchio, si avverte che questi sono tutti di facile reperibilità commerciale, ma che per S1 occorre servirsi di un commutatore a due vie e quattro posizioni in grado di sopportare la tensione di rete e di condurre la corrente necessaria al riscaldamento di un saldatore elettrico della potenza di 25 ÷ 30 W.

Resistenze

Condensatori normali

Condensatori polarizzati

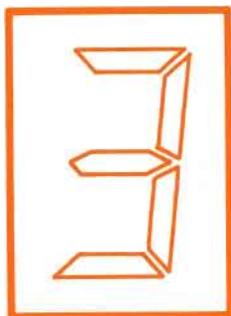
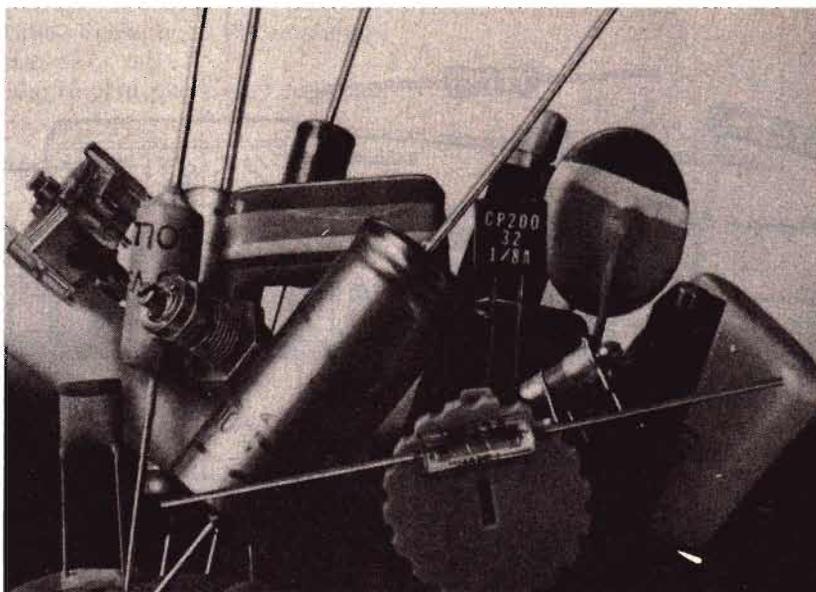
Diodi al silicio

Diodi al germanio

Diodi led

Transistor

USO DEI COMPONENTI

L'applicazione, sulle basette-supporto, dei componenti elettronici più comuni, o il loro cablaggio nei circuiti sospesi su alcuni terminali di appoggio metallici, possono ingenerare alcuni dubbi, peraltro giustificati, nella mente del principiante. Che a volte si chiede se sia più corretto montare un elemento in posizione orizzontale o verticale, se esiste in questo un lato destro o sinistro, se si possono accorciare od allungare i terminali quando motivi pratici lo richiedono.
Questi ed altri argomenti tecnici, quindi, come ad esempio la lettura delle sigle e dei dati numerici impressi sul corpo di resistenze, condensatori, diodi e transistor, formeranno il tema sviluppato in queste pagine, che vogliamo ritenere di grande interesse per coloro che, per la prima volta, si av-

Prima di conoscere la funzione specifica dei componenti, il principiante deve sapere in che modo si montano, nei circuiti elettronici, i più comuni tipi di condensatori, resistenze e semiconduttori.

venturano nella pratica dei montaggi elettronici.
Non verrà preso in esame, dunque, il comportamento elettrico dei componenti in funzione, mentre saranno elencate tutte quelle nozioni elementari che ogni dilettante deve conoscere prima di manipolare resistori, condensatori e semiconduttori, che debbono essere inseriti e saldati a stagno nei diversi punti circuitali di un progetto elettronico.

RESISTENZE

La resistenza, chiamata anche resistore, rappresenta certamente il più comune fra tutti i componenti che il principiante inizia a conoscere. Questa, come segnalato in figura 1, può presentarsi in forme e dimensioni diverse e gli elementi caratteristici fondamentali che la contraddistinguono possono essere segnalati tramite un codice a colori o attraverso elementi numerici e sigle. Ma il simbolo elettrico, adottato nella composizione di schemi e progetti teorici è sempre lo stesso, quello riportato in figura 2.
Nella maggioranza dei casi, la resistenza si presenta esteriormente sotto l'aspetto di un cilindretto, variamente colorato, munito di due terminali alle estremità, che costituiscono i conduttori del componente e sui quali si effettuano le saldature a stagno.
I terminali delle resistenze non hanno un nome in grado di distinguerli, perché sono assolutamente uguali sotto l'aspetto elettrico. E ciò significa che la resistenza può essere inserita nei circuiti senza tener conto della posizione dei conduttori, che possono essere scambiati fra loro, indifferentemente, senza che nulla accada nel funzionamento di un circuito nel quale è stata inserita. Come nulla può accadere se la resistenza rimane applicata in posizione orizzontale o verticale. Nella composizione dei moduli elettronici con componenti miniaturizzati, ad esempio, si preferisce la posizione verticale, che occupa uno spazio minore sulla superficie della basetta-supporto.
Le grandezze fisiche fondamentali, che caratterizzano le resistenze sono: il valore ohmmico, la dissipazione, la tolleranza, la tensione massima di lavoro, il coefficiente di temperatura.
L'unità di misura della resistenza è l'ohm. I suoi multipli più noti sono il kiloohm (1.000 ohm) ed il megaohm (1.000.000 ohm).
Per dissipazione si intende la proprietà della resistenza di trasformare l'elettricità in calore, ossia l'energia elettrica in energia termica. Essa dipende dalla composizione propria della resistenza e dalle sue dimensioni.
La tolleranza è invece rappresentata dalla percentuale di variazione che il valore ohmmico nominale della resistenza può avere rispetto a quello reale. Normalmente i resistori vengono co-

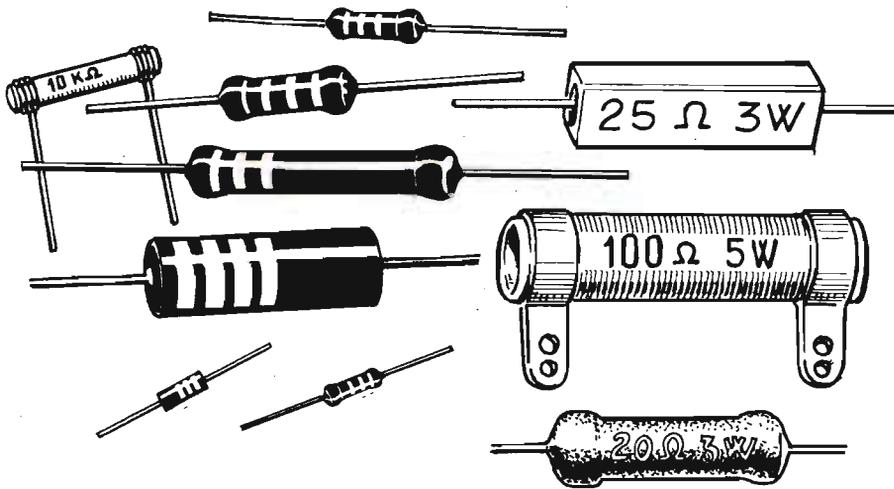



Fig. 1 - Le resistenze elettriche vengono costruite in forme e grandezze diverse, ma tutte possono essere montate nei circuiti utilizzatori nella posizione ritenuta più idonea, senza distinzione alcuna fra i due conduttori uscenti, che possono essere scambiati indifferentemente fra di loro.

struiti nelle gamme di tolleranza del 20% - 10% - 5%. Ma esistono pure modelli di alta precisione, con tolleranze comprese fra il 2% e l'1%.
La tensione massima di lavoro costituisce una grandezza che dipende principalmente dalle dimensioni della resistenza. I valori variano fra le poche centinaia di volt e i mille volt.
Il coefficiente di temperatura consente di stabilire la variazione del valore ohmmico del resistore al variare della temperatura. Questa variazione è solitamente inferiore all'1% per ogni grado centigrado.

Fig. 2 - Questo è il simbolo teorico, adottato negli schemi elettrici, per indicare la resistenza.

In ogni caso il dato più importante che caratterizza ciascuna resistenza è rappresentato dal valore ohmmico che, come è stato detto, può essere rilevato tramite il codice a colori, riportato nella quarta pagina di copertina del presente fascicolo, oppure direttamente sul corpo del componente, mediante espressione numerica o parzialmente siglata.
L'impiego del codice si effettua individuando i colori dei tre anelli presenti in una delle due estremità della resistenza, come segnalato in figura 3. Il primo anello fa riferimento alla prima cifra, il secondo alla seconda cifra ed il terzo al moltiplicatore. Un quarto anello, distanziato dai primi tre, ricorda l'entità della tolleranza del componente.
Qualche problema potrebbe insorgere in sede di lettura delle caratteristiche delle resistenze ad elevata dissipazione termica, che normalmente si presentano secondo le espressioni dei quattro modelli riportati in basso di figura 4.
Per esempio, una resistenza da 22 ohm potrebbe essere segnalata con due citazioni diverse:

0.22Ω - 5% - 5 W
0,22Ω - 5% - 5 W

Nel primo caso dopo lo zero è presente un pun-

to, nel secondo una virgola, ma il valore ohmmico rimane lo stesso.
Una resistenza da 12 ohm può essere segnalata con:

12 R - 10% - 5 W

oppure con:

12Ω - 10% - 5 W

Una resistenza da 4,7 ohm può recare le seguenti, analoghe citazioni:

4R7 - 10% - 10 W
4,7Ω - 10% - 10 W

Si possono leggere ancora le seguenti due corrispondenti espressioni:

Ω 0.5 - 3 W
0,5Ω - 3 W

Gli esempi potrebbero continuare a lungo, ma i pochi ora menzionati sono sufficienti per indirizzare il principiante verso una lettura sicura del valore ohmmico delle resistenze di potenza. E per concludere si può soltanto aggiungere che la lettera R, in taluni casi, può essere sostituita con la lettera K, col significato di KΩ (kiloohm).

CONDENSATORI

Il principiante di elettronica può suddividere i condensatori in due grandi gruppi, inserendo nel primo quelli normali, nel secondo i polarizzati.
I condensatori normali, il cui simbolo elettrico è riportato sulla destra del disegno di figura 5, si montano, nei circuiti elettronici, allo stesso modo delle resistenze, senza distinzione alcuna fra i due terminali. I più noti di questi sono i condensatori ceramici, a mica e a carta. Ma nel disegno di figura 5 sono stati inseriti pure altri tipi di condensatori che, durante le pratiche esercitazioni, può capitare di inserire in alcuni dispositivi.
I condensatori polarizzati, a differenza di quelli normali, sono dotati di un reoforo positivo e di uno negativo e non possono quindi essere applicati indifferentemente nei circuiti elettronici, senza un assoluto rispetto delle loro polarità. A questa categoria di componenti appartengono i condensatori elettrolitici, disegnati in alto di figura 6 e quelli al tantalio, riportati in basso della stessa figura. Per entrambi i modelli, invece, il simbolo elettrico, adottato nella composizione grafica dei circuiti, è quello segnalato sulla destra di figura 6.

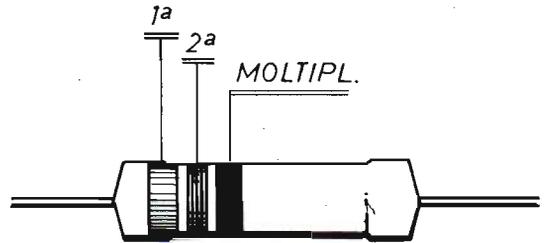



Fig. 3 - L'indicazione del valore ohmmico, nelle resistenze di tipo chimico, avviene tramite un codice a colori, con preciso riferimento ai primi tre anelli che rispettivamente segnalano la prima, la seconda cifra e quella del moltiplicatore.

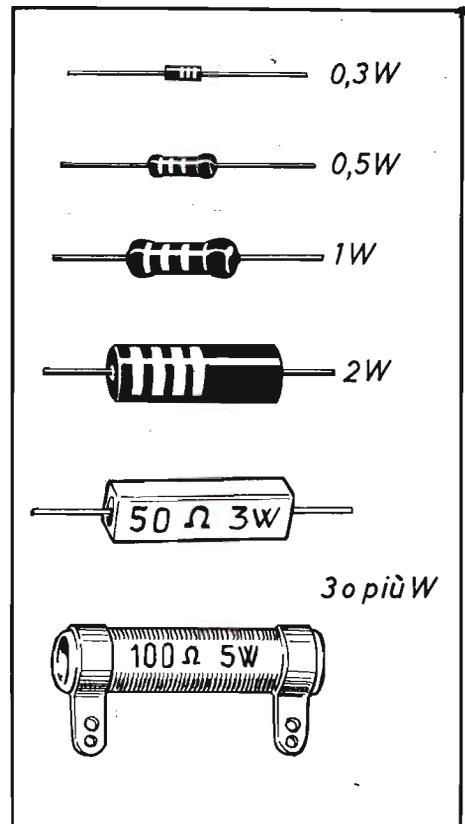



Fig. 4 - La potenza di dissipazione delle resistenze chimiche, con lettura in codice del valore ohmmico, può essere dedotta dalle dimensioni con cui è costruito il componente. In altri modelli, invece, il valore espresso in watt rimane direttamente stampigliato sul corpo della stessa resistenza.

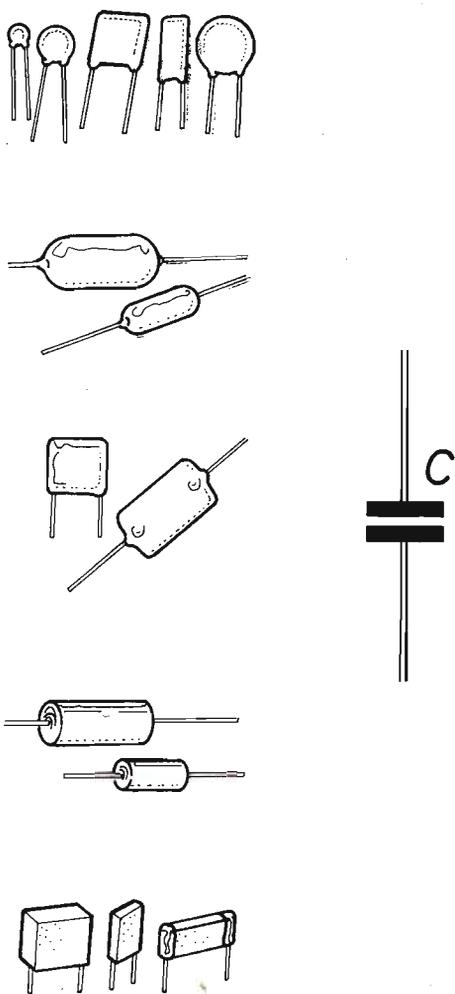



Fig. 5 - Sulla destra del disegno è riportato il simbolo elettrico del comune condensatore, quello universalmente adottato nella composizione dei progetti teorici di elettronica. Sulla colonna di sinistra sono segnalati i principali modelli di condensatori non polarizzati.

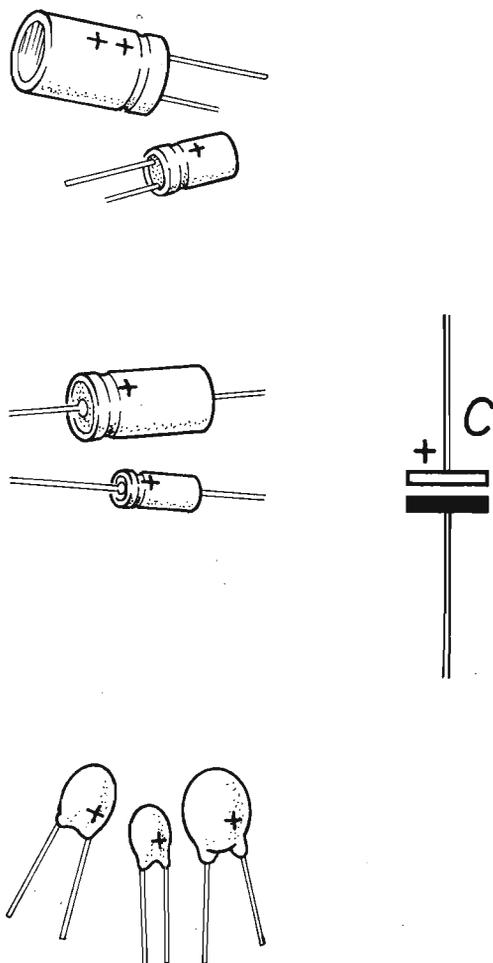



Fig. 6 - Il simbolo teorico del condensatore polarizzato è quello riportato sulla destra del disegno. I primi due gruppi, in alto di figura, rappresentano altrettanti modelli di condensatori elettrolitici; quelli riportati più in basso sono condensatori al tantalio.

I terminali dei condensatori polarizzati vengono segnalati in modo diverso, a seconda della casa produttrice. In alcuni casi, infatti, sul corpo del componente, dalla parte del conduttore negativo, appaiono impressi alcuni segni "meno" (—). In altri, nella zona del reoforo positivo, sono stampate tante crocette (+). In entrambi, il conduttore più lungo è quello positivo e quello più corto è il negativo, come chiaramente illustrato in figura 7.

Negli schemi teorici dei progetti elettronici, il condensatore polarizzato è quasi sempre segnalato con il simbolo riportato a sinistra di figura 7, nel quale la crocetta indica la posizione del terminale positivo e suggerisce quindi all'operatore in che posizione questo elettrodo debba essere inserito nel montaggio reale.

Un condensatore polarizzato e, in modo partico-

lare quello elettrolitico, se inserito con polarità invertite, si riscalda rapidamente, fino alla distruzione completa, che si verifica con una esplosione più o meno forte.
Il valore capacitivo dei condensatori polarizzati è sempre facilmente leggibile. Lo è meno, invece, quello dei condensatori normali, perché può essere segnalato in modi talvolta molto diversi fra loro, che variano a seconda della casa produttrice e della provenienza nazionale o estera dei componenti.
Nei condensatori polarizzati, la capacità viene espressa in microfarad (μF) e al dato numerico fa seguito quello della tensione di lavoro. Per esempio, l'indicazione di 220 μF - 16 Vl indica che quel condensatore può lavorare in un circuito nel quale la tensione non supera i 16 V. In caso contrario il dielettrico non mantiene più l'isolamento fra le due armature del componente, provocandone il cortocircuito.
Il valore minimo della tensione di lavoro con cui vengono costruiti i condensatori normali, quelli che si inseriscono nei circuiti senza tener conto della posizione dei reofori, è di 50 V, ma in commercio questi elementi sono presenti con i valori standard delle tensioni di lavoro di 50 V - 100 V - 200 V - 400 V - 600 V - 1.000 V. L'esperienza tuttavia insegna che è sempre conveniente far lavorare questi componenti con valori di tensione inferiori a quelli menzionati. Se poi la tensione è alternata, quella di lavoro deve risultare almeno quattro volte superiore alla tensione di esercizio. Per esempio, con la tensione di rete di 220 V, si debbono utilizzare modelli da 800 Vl almeno, meglio se da 1.000 Vl.
La lettura dei valori capacitivi, siglati sui condensatori normali, non è facile per tutti e può trarre in inganno, talvolta, anche i tecnici più esperti. Perché si fa uso di una miriade di sigle tra loro diverse, che non consentono l'esposizione di una regola generale, che si dilungherebbe oltre misura, arricchendosi di eccezioni che, alla fine, condurrebbero ad una completa confusione mentale. Meglio, quindi, elencare qui di seguito un certo numero di casi, abbastanza frequenti nella pratica di ogni giorno, che possono fungere da guida di lettura di molte citazioni di valori capacitivi riportati sui normali condensatori:

2.2	**=**	**2,2 pF (ceramico)**
1.5C	**=**	**1,5 pF (ceramico)**
8p6	**=**	**8,6 pF (ceramico)**
47MMF	**=**	**47 pF (americano)**
47pK	**=**	**47 pF (ceramico = K = Keramic)**
47pJ	**=**	**47 pF (ceramico)**
471	**=**	**470 pF (1 = 0)**
472	**=**	**4.700 pF (2 = 00)**

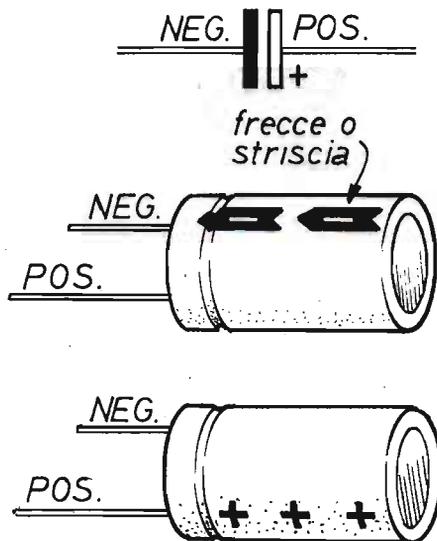



Fig. 7 - Quando i reofori dei condensatori elettrolitici fuoriescono da una stessa parte, quello positivo è sempre il più lungo. Sul corpo del componente, tuttavia, sono pure segnalate, con segni positivi o negativi, le posizioni precise dei terminali.

0,001	**=**	**1.000 pF (ceramico)**
.001	**=**	**1.000 pF (ceramico)**
001	**=**	**1.000 pF (ceramico)**
4K7	**=**	**4.700 pF (ceramico)**
.01	**=**	**10.000 pF (ceramico)**
0,01μ	**=**	**10.000 pF (ceramico)**
01μ	**=**	**10.000 pF (ceramico)**
.1	**=**	**100.000 pF (ceramico)**
μ1	**=**	**100.000 pF (ceramico)**
1μ	**=**	**1 μF**
1μ5	**=**	**1,5 μF**
1μ8	**=**	**1,8 μF**

Soltanto quando non è assolutamente possibile individuare il valore capacitivo di un condensatore, allora bisogna ricorrere all'impiego di quel noto strumento che va sotto il nome di capacimetro e che, sul mercato della strumentazione elettronica, viene proposto in una vasta gamma di modelli, ma che il principiante può anche costruire artigianalmente.
Su alcuni condensatori, assieme ai valori capacitivi e alle tensioni di lavoro, si possono rilevare le seguenti sigle: N 750 - NPO - P 750, le quali suggeriscono una precisa relazione tra il componente ed il coefficiente di temperatura, che riveste grande importanza quando il condensatore viene

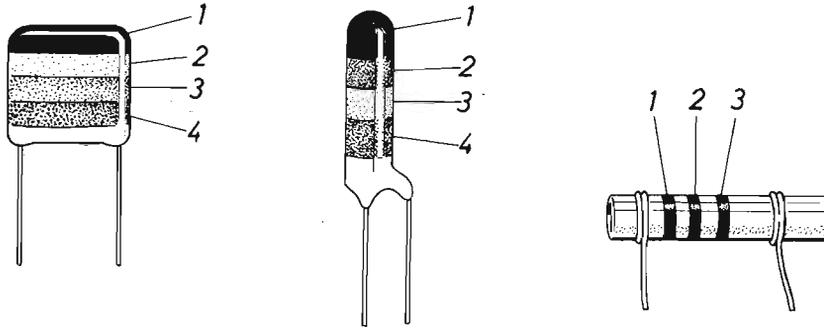



Fig. 8 - In alcuni modelli di condensatori non polarizzati, il valore capacitivo rimane indicato attraverso una lettura in codice, che è lo stesso adottato per le resistenze. Nel disegno sono segnalate, per i tre diversi modelli, le posizioni e la successione delle fasce colorate.

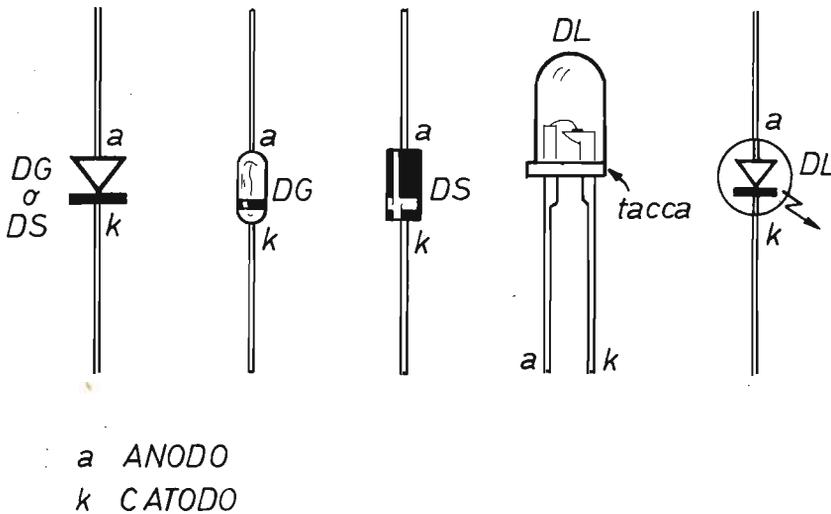



Fig. 9 - L'elemento riportato per primo, a sinistra del disegno, è il simbolo teorico del diodo a semiconduttore; il secondo identifica il diodo al germanio, il terzo quello al silicio; il quarto è il diodo led, mentre all'estrema destra si nota il simbolo teorico di quest'ultimo componente.

ad esempio montato in circuiti oscillatori ad alta stabilità, in cui deve correggere eventuali derive termiche.
In taluni modelli di condensatori, il valore capacitivo viene espresso tramite il codice a colori, che è lo stesso di quello impiegato per la lettura dei valori ohmmici delle resistenze e che appare stampato sull'ultima pagina di copertina. Anche in questi casi, come indicato in figura 8, si tratta di individuare sul componente la prima fascetta colorata, che identifica la prima cifra, mentre la seconda segnala la seconda cifra del valore capacitivo e la terza il moltiplicatore. La quarta fascetta si riferisce al coefficiente di tolleranza.

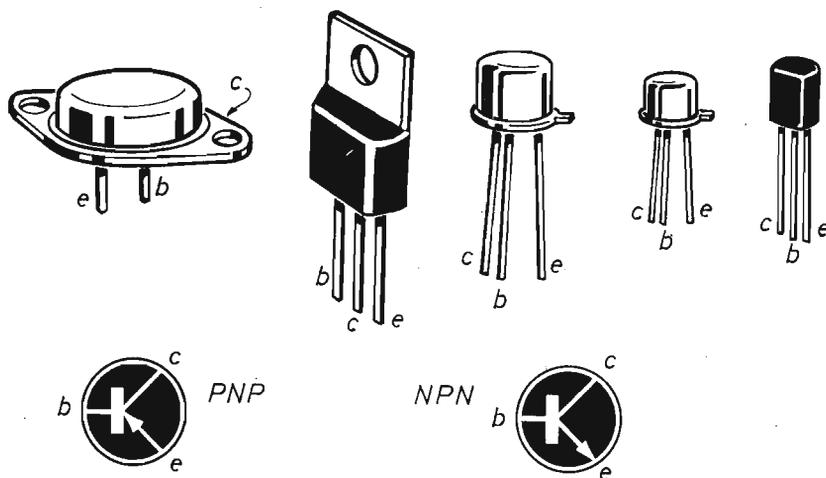



Fig. 10 - Questi sono i modelli più ricorrenti di transistor che il pricipiante di elettronica incontra durante i primi tempi di pratiche applicazioni. Di essi occorre riconoscere l'esatta posizione degli elettrodi e le diverse modalità di montaggio.

DIODI A SEMICONDUTTORE

I diodi a semiconduttore, di qualunque tipo essi siano, non possono essere inseriti casualmente nei circuiti, ma soltanto nel pieno rispetto della posizione dei loro elettrodi.
I più noti, fra tutti i diodi a semiconduttore, sono quelli al silicio (DS) e quelli al germanio (DG), il cui simbolo elettrico è riportato sulla sinistra di figura 9. Ma trovano pure largo impiego i diodi led (DL), il cui simbolo elettrico è segnalato all'estrema destra della fila di diodi di figura 9.
Tutti i diodi sono dotati di due elettrodi, il primo dei quali rappresenta l'anodo (a) del componente, il secondo il catodo (k). Pertanto, prima di applicare un diodo in un circuito, si deve interpretare correttamente il progetto che si vuol costruire, per individuare la posizione esatta dei due elettrodi.
Nei diodi al silicio e al germanio viene sempre segnalata la posizione dell'elettrodo di catodo tramite un anello, impresso sul corpo esterno del componente, che può essere colorato o no. Nei diodi led, invece, l'elettrodo di catodo si trova da quella parte in cui è presente una tacca-guida, un incavo ricavato sul corpo del componente.

TRANSISTOR

Di solito i transistor sono dotati di tre soli elettrodi, che non possono essere in alcun modo scambiati fra loro. Ad essi sono attribuiti i nomi di BASE (b) - COLLETTORE (c) - ed EMITTORE (e).
In figura 10 sono indicati i più ricorrenti modelli di transistor con le loro esatte piedinature, mentre a piè di disegno vengono riportati i due simboli elettrici che contraddistinguono fra loro le due grandi categorie di transistor: quella dei PNP e l'altra degli NPN.
Il simbolo dei transistor PNP presenta la freccia dell'emittore (e) rivolta verso la base (b), quello del transistor NPN rivolge la freccia dell'emittore (e) verso l'esterno. Ma quando si prende in mano un transistor, non è possibile conoscere visivamente se questo è un PNP o un NPN. Per saperlo, occorre leggere la sigla in esso impressa e, tramite un adatto manuale, risalire alla conoscenza di questo dato e di ogni altra caratteristica del componente. Con la semplice analisi visiva, invece, si individuano agevolmente i tre elettrodi e le loro posizioni, anche se non esiste una regola generale valida in tutti i casi.

Cristalli di germanio N e P

Cristalli di silicio N e P

Antimonio e arsenico

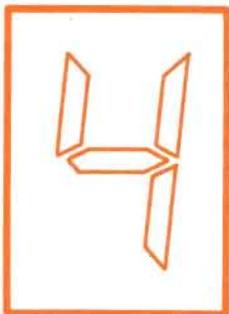
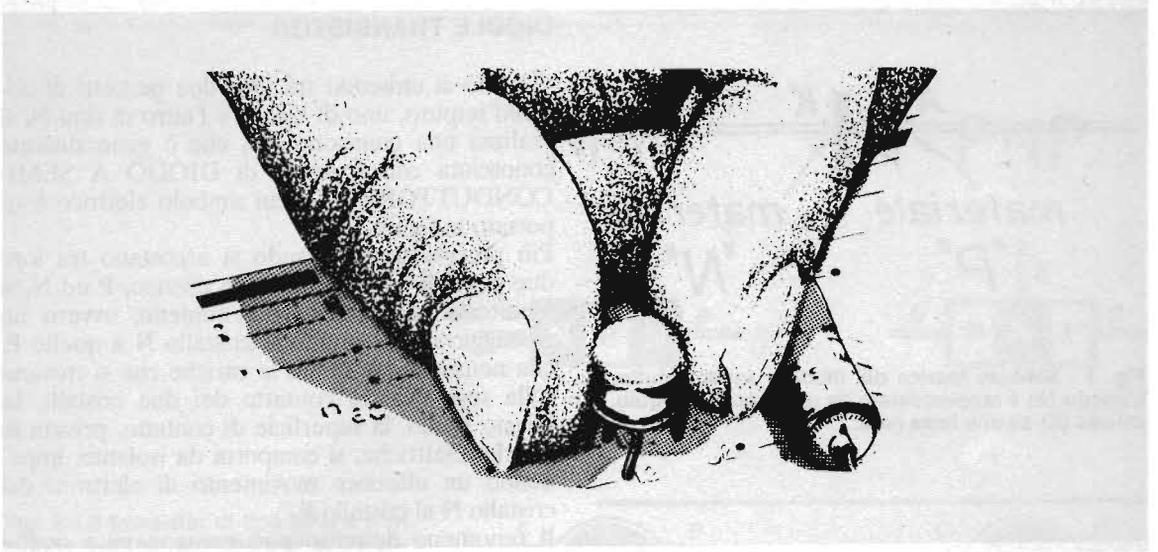
Alluminio e indio

Diodi e transistor

Pratici esperimenti

Guadagno dei transistor

DIODI E TRANSISTOR

Le parole "semiconduttore", "diodo" e "transistor" corrono oggi sulla bocca di tutti, del profano e di chi, per vari motivi, si occupa di elettronica.
Generalmente si sa che con questi nomi si designano taluni elementi contenuti negli apparati elettronici, nei ricevitori radio, negli amplificatori e nei televisori. Il tecnico, invece, sa a che cosa servono e come funzionano, ne valuta le caratteristiche e li utilizza quando ve ne sia bisogno. Soltanto chi muove i primi passi nel mondo dell'elettronica non può avere le idee chiare in materia. Soprattutto per quel che riguarda la struttura intima dei componenti e i fenomeni elettrici che in questi si manifestano. Eppure tali concetti rivestono grande importanza e particolare inte-

Poche ma necessarie nozioni teoriche e qualche pratico esperimento sono sufficienti, al principiante, per stabilire i primi contatti con il mondo dei semiconduttori, quello dei diodi e l'altro, conseguente, dei transistor.

resse nella pratica applicazione di ogni giorno. Al punto che tutti coloro che si occupano di elettronica per diletto o professionalmente debbono conoscerli. Sia pure per ridurre al minimo, nella propria mente, quell'insieme di misteri, o di manifestazioni ritenute tali, che ancora incombono sugli esercizi applicati. Si deve quindi concedere un po' di spazio alla fisica teorica dei semiconduttori che, dopo i condensatori e le resistenze tradizionali, rappresentano l'espressione più moderna della componentistica in tutte le apparecchiature elettroniche.

CRISTALLI E SEMICONDUTTORI

Ogni transistor è costituito da un corpo solido, dal quale fuoriescono tre o quattro terminali, corrispondenti ad altrettanti elettrodi contenuti nel transistor stesso.
Ma come sono fatti internamente gli elementi di un transistor? A quali fenomeni elettrici danno luogo? In che modo il transistor riesce ad amplificare un segnale radio? Lo si vedrà ben presto.
Per ora serve occuparsi di due particolari cristalli che stanno alla base dell'elettronica attuale: il cristallo di germanio e quello di silicio.
Quando questi due cristalli vengono mescolati con altri elementi, diventano dei "semiconduttori", cioè si lasciano attraversare dalla corrente elettrica in un sol verso: in pratica la corrente elettrica fluisce bene in un verso, mentre incontra una elevata resistenza allo scorrimento nel verso opposto. Ma questo concetto può non apparire del tutto chiaro a coloro che desiderano una spiegazione più accurata e, in pari tempo, molto semplice.
In realtà qui si tratta di interpretare tecnicamente il significato della parola "semiconduttore".
I semiconduttori sono quegli elementi che stanno fra i conduttori veri e propri e gli isolanti; i semiconduttori, cioè, non sono né conduttori né isolanti, mentre lo sono un po' degli uni e un po' degli altri.
A questa categoria di elementi appartengono il germanio ed il silicio impuri, di cui si conoscono due qualità diverse: germanio N e germanio P, silicio N e silicio P.
Il germanio ed il silicio di tipo N sono il risultato dell'aggiunta, al cristallo, di parti di antimonio o arsenico; il germanio P ed il silicio P contengono particelle di alluminio o indio.
La denominazione N, attribuita al cristallo, dipende dal fatto che in esso vi è una prevalenza di cariche negative. Infatti, quando al cristallo puro vengono aggiunte particelle di antimonio o arsenico, queste hanno il potere di donare elettroni agli atomi del cristallo, trasformandoli in cariche negative, che si possono muovere liberamente e conferiscono al cristallo una conduttività negativa.
Nel cristallo P le particelle di alluminio o indio esercitano il potere di catturare elettroni, sottraendoli agli atomi del cristallo, i quali divengono cariche elettriche positive. Conseguentemente, il cristallo assume una conduttività positiva.

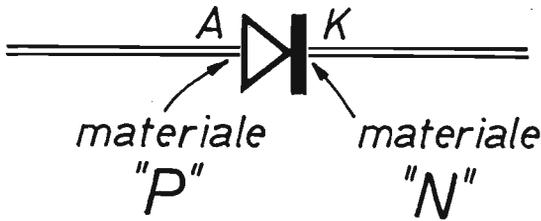



Fig. 1 - Simbolo teorico del diodo a semiconduttore. L'anodo (A) è rappresentato da un piccolo triangolo, il catodo (K) da una linea nera.

DIODI E TRANSISTOR

Quando si uniscono tra loro due pezzetti di cristallo impuro, uno di tipo P e l'altro di tipo N, si realizza una giunzione PN, che è generalmente conosciuta con il nome di DIODO A SEMICONDUTTORE ed il cui simbolo elettrico è riportato in figura 1.
Più precisamente, quando si accostano tra loro due parti di cristallo di nome diverso, P ed N, si manifesta un particolare fenomeno, ovvero un passaggio di elettroni, dal cristallo N a quello P, che neutralizza soltanto le cariche che si trovano sulla superficie di contatto dei due cristalli. In questo modo, la superficie di contatto, privata di cariche elettriche, si comporta da isolante, impedendo un ulteriore movimento di elettroni dal cristallo N al cristallo P.
Il fenomeno descritto può paragonarsi a quello che si manifesta tra le armature di un condensatore, nel quale le cariche elettriche non migrano da un'armatura all'altra a causa del dielettrico interposto.
Dunque, il diodo allo stato solido è costituito da due porzioni di cristallo di nome diverso: nella prima vi sono cariche elettriche positive libere, nella seconda sono presenti le cariche elettriche negative libere. Fra i due cristalli esiste una barriera isolante, spontaneamente formatasi all'atto della giunzione dei due tipi di cristallo.
Ogni diodo è caratterizzato dalla presenza di due terminali uscenti; quello collegato con il cristallo positivo prende il nome di "anodo", l'altro, collegato con il cristallo negativo, assume la denominazione di "catodo".
Gli schemi teorici riportati in figura 2 confermano il concetto per il quale il diodo a semiconduttore conduce la corrente elettrica in un verso, mentre ne ostacola il passaggio nell'altro. In entrambi i circuiti la corrente viene promossa da un generatore di tensione continua (VCC), le cui

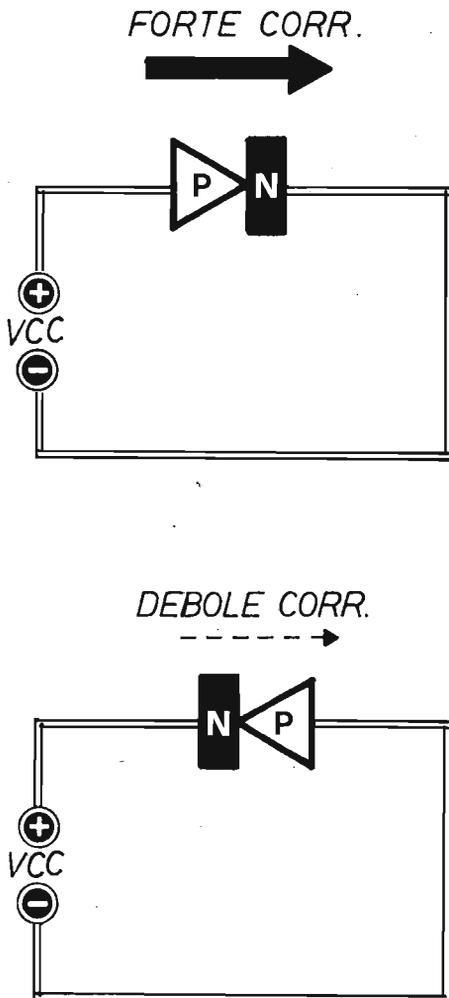



Fig. 2 - Si dice che il diodo a semiconduttore è polarizzato direttamente quando sull'anodo, rappresentato dal cristallo P, viene applicata la tensione positiva. In questo caso il semiconduttore si comporta da conduttore (schema in alto di figura). Quando il diodo è invece polarizzato inversamente (schema in basso di figura), diventa un elemento isolante e consente soltanto il flusso di una debolissima corrente.

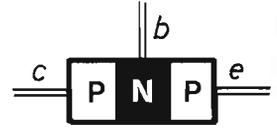
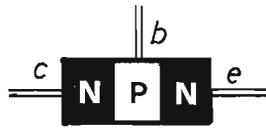
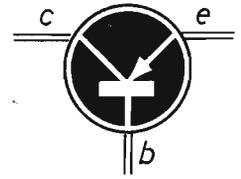
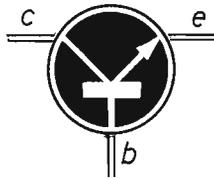



Fig. 3 - Il transistor di tipo NPN è il risultato della sovrapposizione di tre cristalli negativo-positivo-negativo (schema in alto a sinistra). Il modello NPN è composto dai cristalli positivo-negativo-positivo (schema in alto a destra). In basso di figura sono riportati i simboli teorici dei due tipi di transistor.

polarità sono correttamente collegate nello schema in alto di figura 2, ma sono applicate all'incontrario in quello più in basso. Nel primo caso si dice che il diodo è polarizzato "direttamente" e si comporta da buon conduttore, nel secondo caso il diodo appare polarizzato "inversamente" e si oppone al passaggio della corrente.
Il transistor, la cui denominazione deriva dalla composizione dei due termini TRANsferring e reSISTOR, altro non è che la sovrapposizione di tre pezzetti di cristallo, due dello stesso tipo ed uno di tipo diverso. Si ottengono così due modelli di transistor, quello NPN e il PNP, come indicato in figura 3, ai quali corrispondono due simboli leggermente differenti.
Il transistor NPN si ottiene con la sovrapposizione di uno strato di cristallo negativo, uno strato positivo centrale ed un terzo strato negativo, a ciascuno dei quali è collegato un conduttore, che può essere chiamato reoforo od elettrodo.
Il transistor PNP è invece il risultato dell'insieme di tre pezzetti di cristallo che si succedono nell'ordine citato, con il cristallo negativo situato in posizione centrale.
I tre terminali del transistor prendono i nomi di EMITTORE - BASE - COLLETTORE e vengono menzionati, nella simbologia teorica, con le tre lettere iniziali "e - b - c", che possono essere, indifferentemente, quelle minuscole ora riportate, oppure lettere maiuscole.

PRATICI ESPERIMENTI

Le condizioni teoriche, graficamente interpretate attraverso gli schemi di figura 2 e relative al verso di conduzione della corrente elettrica nei diodi a semiconduttore, possono essere verificate in pratica componendo i circuiti presentati nelle figure 4 e 5, per la cui composizione servono una pila da 4,5 V, un diodo a semiconduttore, un pulsante ed una lampadina.
Cominciamo col descrivere la prova pratica illustrata in figura 4, nella quale sono riportati entrambi gli schemi relativi all'esperimento, quello teorico e l'altro reale.
Il pulsante P1 è un modello cosiddetto "normalmente aperto". Ciò significa che, quando viene premuto, realizza il collegamento elettrico fra il morsetto positivo della pila e l'anodo del diodo al silicio D1. Mentre allo stato normale mantiene "aperto" il collegamento.
Il diodo a semiconduttore è collegato in modo da rimanere polarizzato "direttamente", ovvero, per quanto suggerisce la teoria, in condizioni di con-

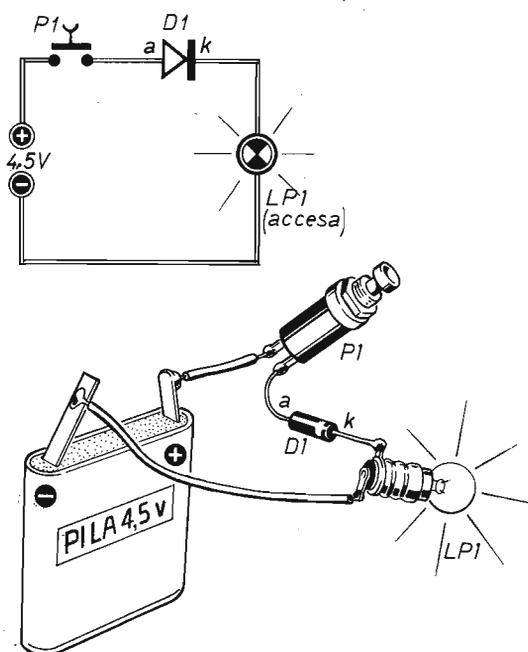



Fig. 4 - Pratico esperimento di impiego di un diodo al silicio nella condizione di polarizzazione diretta, nella quale la corrente elettrica fluisce regolarmente attraverso il semiconduttore e provoca l'accensione della lampadina LP1.

durre la corrente elettrica erogata dalla pila. Ciò infatti rimane verificato praticamente dall'accensione della lampadina LP1.
Componendo il circuito di figura 4, il lettore potrà esercitarsi con le prime operazioni di saldatura a stagno, individuando, attraverso esempi pratici, la posizione dell'anodo e quella del catodo del diodo a semiconduttore.
Per realizzare l'esperimento di figura 4 ed il successivo di figura 5, con il quale si stabilisce che un diodo a semiconduttore, inversamente polarizzato, non conduce corrente, servono una pila piatta da 4,5 V, un pulsante del tipo già descritto, un diodo al silicio con la sigla 1N4004 ed una lampadina da 4,5 V - 0,2 A.
Per comporre il circuito di figura 5, è sufficiente dissaldare i reofori del diodo D1 per saldarli nuovamente nel circuito in senso inverso, in modo che il semiconduttore risulti "inversamente polarizzato", ovvero con il catodo rivolto verso il morsetto positivo della pila e l'anodo verso la lampadina. Questa volta, dunque, pur premendo il pulsante P1, la lampadina LP1 rimane spenta, perché il diodo si comporta da elemento isolante e non lascia passare la corrente elettrica, se non in misura trascurabile, certamente insufficiente ad alimentare LP1.

GUADAGNO DEL TRANSISTOR

Non tutti i transistor sono uguali fra loro. Infatti, ognuno di essi viene qualificato da un insieme di elementi o caratteristiche che prendono i nomi di "parametri". I quali dipendono, a loro volta, dalla purezza del materiale con cui il transistor è stato costruito, dalla forma geometrica delle giunzioni, dalle superfici di contatto e da altri fattori.
La determinazione dei parametri tipici di un transistor non è cosa da poco e soltanto i laboratori più professionalmente preparati sono in grado di fornire un'analisi veramente attendibile per ogni componente. Altrimenti, fatta eccezione per alcune particolari esigenze, si debbono accettare i valori dichiarati dai costruttori e facilmente deducibili dagli appositi prontuari.
Esiste peraltro un parametro che, il più delle volte, viene indicato soltanto approssimativamente: il guadagno del transistor, che varia anche fra modelli dello stesso tipo e prodotti da una medesima casa costruttrice, perché condizionato fortemente dalle impurità aggiunte ai cristalli, ossia, per dirla col linguaggio tecnico, dal loro "drogaggio".
Per interpretare in modo elementare il concetto

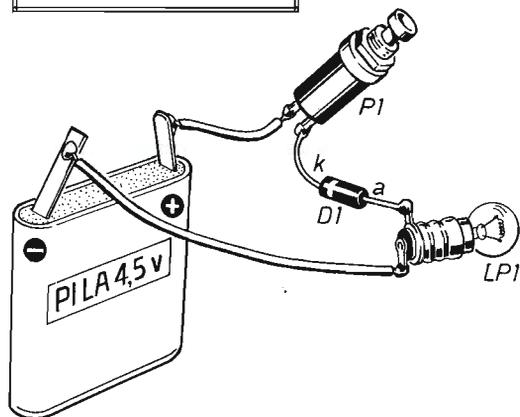
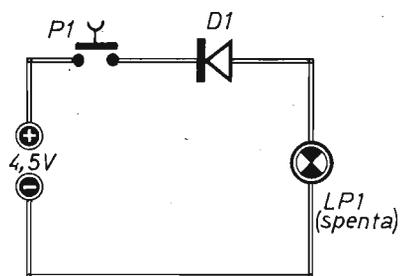



Fig. 5 - Con questo esperimento si dimostra che il diodo a semiconduttore, inversamente polarizzato, non conduce corrente e non consente l'accensione della lampadina.

di guadagno di un transistor, occorre ricordare che questo componente può essere impiegato, nei diversi circuiti elettronici, in una infinità di maniere, ma quasi sempre esso si comporta da elemento amplificatore.

Amplificare significa fornire all'entrata di un sistema elettrico un segnale, per utilizzarlo poi ingrandito all'uscita. Nel caso del transistor, l'entrata e l'uscita sono rappresentate da due elettrodi, che possono variare a seconda della configurazione nella quale viene montato il semiconduttore, ma che il più delle volte si identificano con la base ed il collettore. Dunque, quando si applica alla base un segnale di una certa grandezza e lo si preleva poi amplificato dal collettore, si è ottenuto un guadagno.

In molte applicazioni pratiche, soprattutto nel settore analogico, tale parametro è di fondamentale importanza, per cui l'indicazione fornita dall'industria diventa troppo vaga. Prendiamo ad esempio il caso tipico dello stadio finale, con transistor complementari, di un amplificatore di bassa frequenza, nel quale la dispersione del segnale dipende dalla cura con la quale si è realizzato l'accoppiamento fra i due transistor NPN e PNP. Ebbene, come tutti i tecnici sanno ed i principianti impareranno presto, per il buon funzionamento di questo stadio, la differenza di guadagno fra i due transistor non deve superare il 10% circa. Mentre le caratteristiche citate dalla casa costruttrice non rientrano certamente in questo limite di tolleranza, con la conseguenza di realizzare amplificatori perfetti sotto l'aspetto circuitale, ma con una forte distorsione dei segnali.

Da ciò discende la necessità di selezionare i transistor in base al loro guadagno, valutandone il cosiddetto coefficiente "beta", tramite un apposito strumento denominato "provatransistor", che normalmente offre all'operatore altre utili indicazioni sui componenti sottoposti ad esame.

Elettricamente, il guadagno di un transistor viene definito come il rapporto fra le variazioni di corrente di collettore e quelle della corrente di base. Tuttavia, senza considerare la corrente di fuga tra collettore ed emittore, che è sempre estremamente bassa, si suole computare il guadagno di un transistor secondo la formula:

Guadagno = Ic : Ib

in cui Ic indica il valore della corrente di collettore ed Ib quello della corrente di base. trascurando ovviamente le variazioni di Ic e quelle di Ib.

Giunzioni alla prova

Diodi al germanio

Diodi al silicio

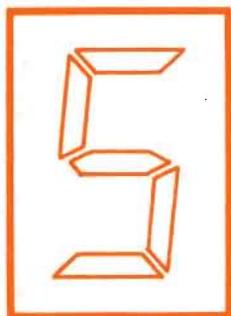
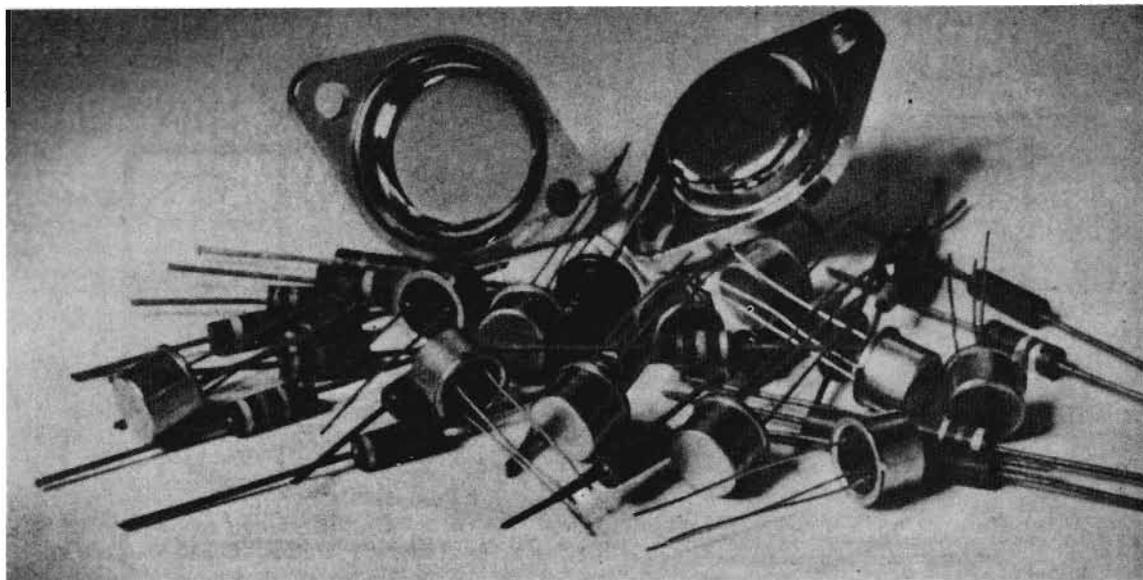
Circuiti di controllo

Transistor GE - SI

Tensioni di zener

Analizzatore zener

IDENTIFICAZIONE GE-SI

I semiconduttori, visti sotto l'aspetto costruttivo, sono il risultato della giunzione di due o tre piccoli cristalli di natura elettrica diversa. Ebbene, conducendo un semplice e rapido controllo delle giunzioni cristalline, ogni principiante può riconoscere facilmente se un diodo è di tipo al silicio o al germanio e a quali gruppi di cristalli appartengono i transistor. Con lo stesso metodo, poi, è possibile definire la tensione di lavoro dei diodi zener, che sono quei componenti che consentono di stabilizzare le tensioni elettriche.
Ovviamente, per conseguire i risultati tecnici ora ricordati, il lettore è invitato a costruire un piccolo ed elementare circuito di prova, per l'esame dei diodi e dei transistor ed uno strumento, un po' più ricco di elementi circuitali, per il controllo delle tensioni di lavoro dei diodi zener. Nel primo caso, infatti, si tratta di utilizzare una pila,

Ogni dilettante, fin dai primi contatti con i semiconduttori di uso più comune, deve saper discernere i modelli al germanio da quelli al silicio, sia nel campo dei diodi come in quello dei transistor.

una resistenza ed un tester, nel secondo occorrono alcune resistenze, un condensatore polarizzato, un diodo al silicio, un trasformatore ed il tester, al cui impiego pratico è riservato, più avanti, un preciso capitolo.
Il più delle volte, la semplice osservazione visiva di un diodo è sufficiente per constatare se questo appartiene alla categoria dei semiconduttori al germanio o al silicio. Perché di solito le dimensioni fisiche del diodo al silicio sono maggiori di quelle del diodo al germanio, soprattutto quando è realizzato con materiale di plastica o di metallo. Ma quando i diodi al silicio sono realizzati in vetro, allora è molto facile confonderli con i diodi al germanio e se la sigla che li contraddistingue, impressa sul loro corpo esterno, è scomparsa o è poco leggibile, non resta che sottoporli alla prova, che ci accingiamo a descrivere, per definire la loro precisa natura. Anzi, questa prova è assolutamente necessaria tutte le volte che possono sorgere dei dubbi in proposito e prima di montare il componente in un circuito di utilizzazione. Perché lo scambio di un diodo al germanio con altro al silicio conduce quasi sempre al mancato funzionamento di un dispositivo elettronico.

IDENTIFICAZIONE GE-SI

I diodi al germanio (GE) vengono solitamente chiamati diodi rivelatori, perché presiedono a quella importante funzione radioelettrica, nota come rivelazione di bassa frequenza, che si svolge in un determinato punto del circuito di ogni apparato radioricevente e che, in sostanza, estrae dalle onde radio i soli messaggi da commutare in voci e suoni.
I diodi al silicio, invece, sono più conosciuti come diodi rettificatori, perché il più delle volte sono utilizzati per trasformare le correnti variabili in correnti unidirezionali e, in particolare, assieme ad altri componenti, per convertire la corrente alternata di rete in corrente continua.
L'identificazione di un diodo al germanio e quella di un diodo al silicio si ottiene valutando la tensione di soglia del componente. Che rappresenta quella barriera di potenziale elettrico che si forma nel momento in cui i due pezzetti di cristallo vengono congiunti. E questa barriera, che si identifica con un preciso valore di tensione valutabile mediante il tester, è diversa nei due tipi di semiconduttori. In fatti è di 0,1 V ÷ 0,2 V se il diodo è al germanio (GE) ed è di 0,7 V circa se il diodo è di tipo al silicio (SI).
Il circuito di prova dei diodi è quello riportato in figura 1. Esso è composto da una pila da 1,5 V, da una resistenza (R1) e da 100 ohm di piccola potenza (1/4 W) e da due boccole, che verranno contrassegnate con le lettere "a" e "k", per indicare su quale delle due va inserito il terminale di anodo del diodo in prova e su quale di queste va applicato il reoforo di catodo (k), ricordando che il conduttore di catodo del componente si trova da quella parte in cui il diodo presenta un anello-guida.
Qualora l'operatore dovesse commettere un er-

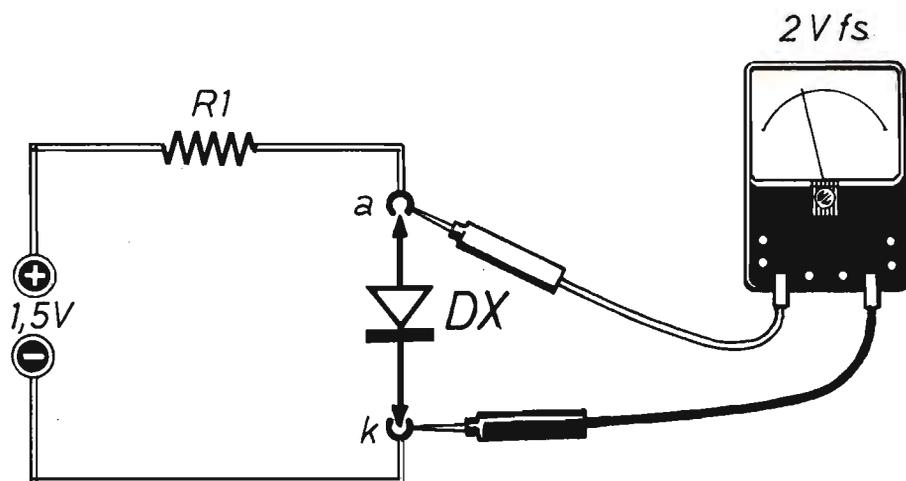



Fig. 1 - Con questo semplice circuito, osservando le indicazioni di tensione del tester, è facile stabilire se un diodo a semiconduttore è di tipo al germanio o al silicio.

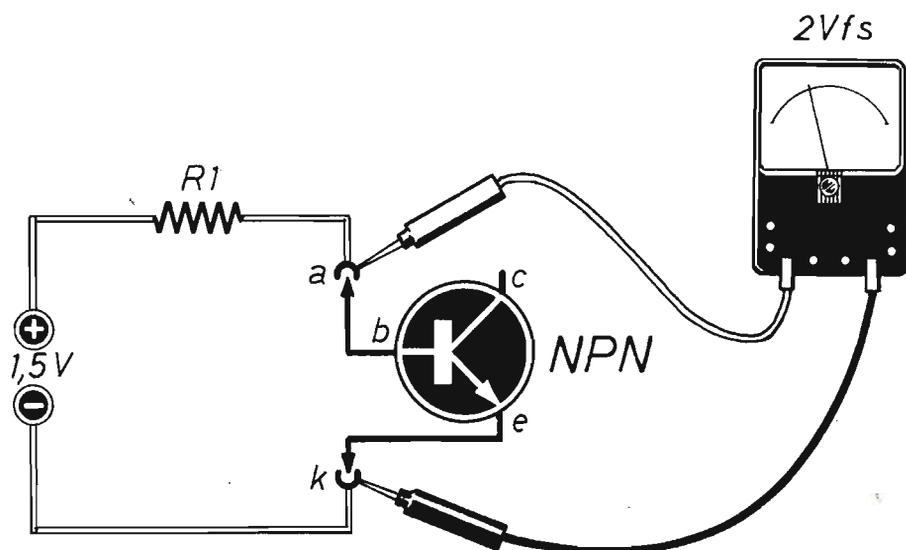



Fig. 2 - Per sapere se un transistor è di tipo al germanio o al silicio, è sufficiente eseguire la prova qui illustrata e relativa ad un modello NPN. Il risultato è valutabile nel valore di tensione indicato nel tester.

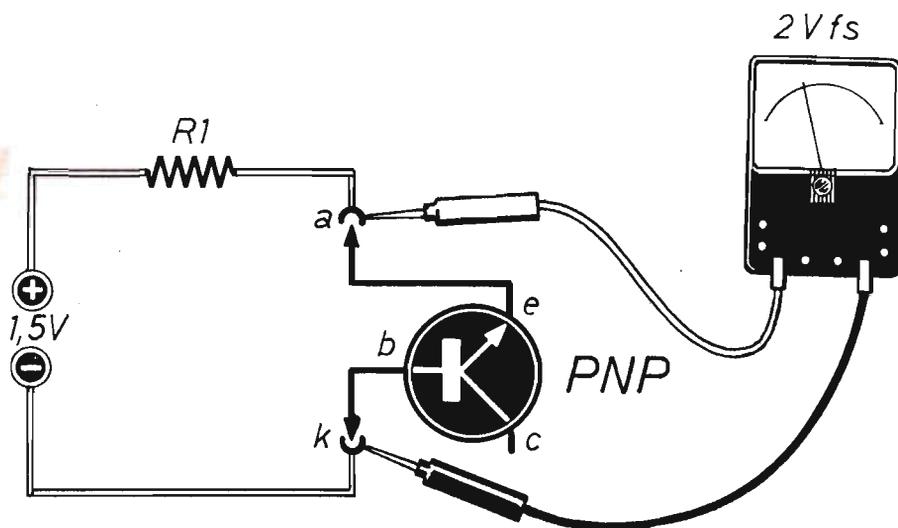



Fig. 3 - Quando è necessario sapere se un transistor PNP appartiene alla categoria dei semiconduttori al germanio o al silicio, basta eseguire il controllo qui raffigurato che, attraverso le indicazione del tester, offre il risultato perseguito.

rore di inserimento del diodo nel circuito di prova di figura 1, ovvero, se le polarizzazioni del componente venissero casualmente invertite, il tester segnalerebbe il solo valore della tensione della pila, che è di 1,5 V. In questo caso, infatti, il diodo, che è chiamato semiconduttore, non conducendo corrente nel circuito, non può consentire la misura della tensione di soglia del componente in prova. Diversamente, lo strumento indica uno dei due valori prima citati, quello di 0,1 V circa per il diodo al germanio e quello di 0,7 V per il modello al silicio, offrendo al principiante l'opportunità di classificare sicuramente la categoria di appartenenza del componente in esame.
La tensione di soglia dei diodi, moltiplicata per la corrente che li attraversa, consente di valutare la dissipazione totale di energia compiuta dal diodo. Ecco perché i tecnici considerano la tensione di soglia come una grandezza elettrica sprecata nell'economia generale dei circuiti elettronici. Ma la tensione di soglia spiega pure il motivo per cui i diodi al germanio, nei quali assume il valore minimo possibile, vengano preferiti a quelli al silicio nei processi di rivelazione dei segnali radio,

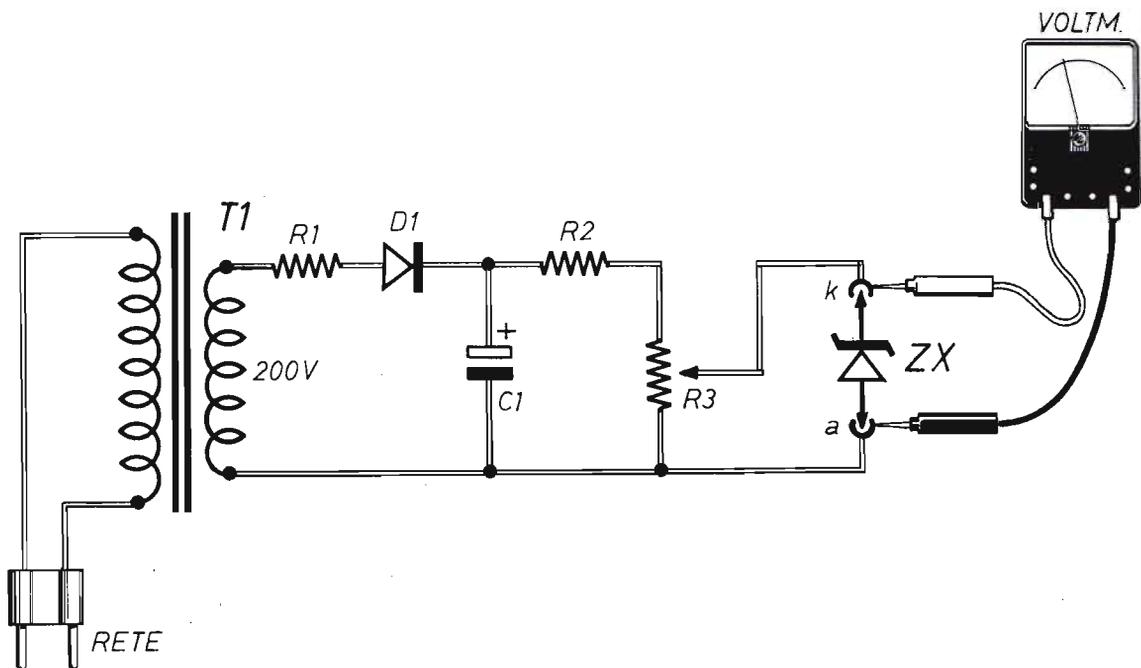



Fig. 4 - Semplice progetto di un dispositivo di controllo delle tensioni di lavoro dei diodi zener ZX, che debbono essere applicati alle boccole d'uscita del circuito con polarità invertite.

COMPONENTI

C1	=	**8 μF - 450 Vl (elettrolitico)**
R1	=	**100 ohm - 1/4 W**
R2	=	**33.000 ohm - 1/4 W**
R3	=	**100.000 ohm (potenz. a variaz. lin.)**
T1	=	**trasf. (220 V - 200 V - 0,05 A)**
D1	=	**diodo al silicio (1N4007)**

le cui entità energetiche sono talmente deboli da non consentire ulteriori abbattimenti, ossia dissipazioni provocate da componenti elettronici, come accadrebbe nel caso di impiego di diodi al silicio.

IDENTIFICAZIONE DEI TRANSISTOR

Seguendo lo stesso principio, che permette di riconoscere la categoria di appartenenza di un diodo e che è stato appena descritto, è assai facile identificare la natura cristallina interna di un transistor, sia esso di tipo NPN o PNP. Pertanto, quando è necessario sapere se un transistor è di tipo al germanio o al silicio, si utilizza ancora il circuito di prova di figura 1, composto dalla pila da 1,5 V, dalla resistenza R da 100 ohm - 1/4 W e dalle due boccole contrassegnate ancora con le lettere "a" e "k" (anodo e catodo).
Il circuito di figura 1 potrà essere composto dentro una scatolina; le due boccole rimarranno fissate esteriormente, sul coperchio di chiusura del contenitore.
Per rilevare con la massima immediatezza se un transistor appartiene alla categoria dei semiconduttori al GE o al SI, si individuano, nel componente in prova, i due terminali di base e di emittore, perché quello di collettore non serve. Poi si collegano i componenti nei modi indicati nei due schemi delle figure 2 e 3. Con il primo circuito si

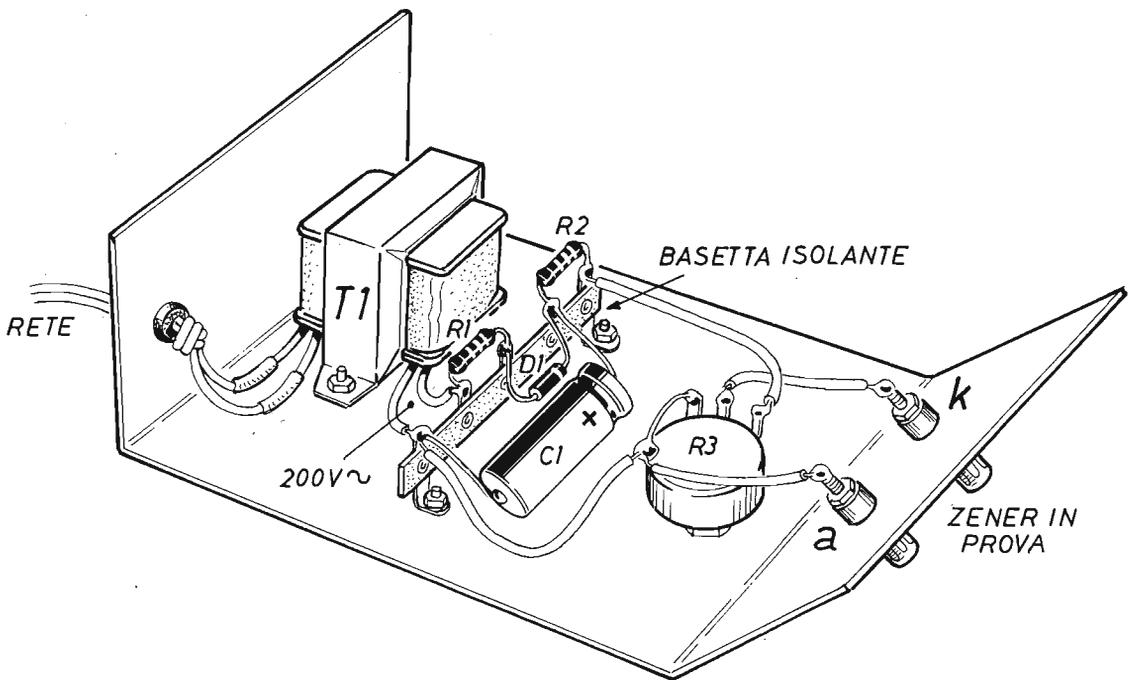



Fig. 5 - Schema di montaggio dell'apparato di misura delle tensione di zener degli omonimi diodi a semiconduttore. Utilizzando un contenitore metallico, si debbono isolare perfettamente tutti i conduttori ed i vari componenti elettronici.

analizza un transistor di tipo NPN, col secondo uno di tipo PNP.
Se la tensione della giunzione base-emittore (b-e), segnalata dal tester, vale 0,1 V, il transistor sotto prova è di tipo al germanio (GE); viceversa, se il valore di tensione rilevato dal tester è di 0,7 V, il transistor è al silicio (SI).

CONTROLLO DI TENSIONI ZENER

Il diodo zener è un particolare componente, nel mondo dei semiconduttori, esteriormente non dissimile dai normali diodi. Ed anche in questo, per usura od eccesso di calore, può essere scomparso il valore della tensione che lo caratterizza, pur essendo ancora un elemento efficientissimo. Vale dunque la pena di sapere in che modo sia possibile risalire a questo dato elettrico, servendosi di un dispositivo di controllo, autocostruibile, economico, che ogni principiante può conservare nel proprio laboratorio.

Prima di descrivere il progetto del "provazener", riportato in figura 4, riteniamo opportuno menzionare alcuni requisiti fondamentali di questi importanti semiconduttori. Cominciamo quindi col ricordare che gli zener sono diodi chiamati a svolgere la funzione di stabilizzazione delle tensioni nei circuiti elettrici. E per questa funzione vengono costruiti con una intrinseca tensione di lavoro, che corrisponde a quella tipica di stabilizzazione. Per esempio: 2,7 V - 3,3 V - 4,7 V - 5,6 V - 6,1 V - 7,2 V - 9,1 V - 10 V e così via, in una gamma di valori che si estende da 0,78 V a 200 V.
Quello indicato con la sigla ZX, applicato fra le boccole "k" e "a" d'uscita del circuito di figura 4, rappresenta il simbolo elettrico dello zener universalmente adottato nella composizione degli schemi teorici.
Come accade per i normali diodi a semiconduttore, anche in quello zener il catodo "k" è individuabile tramite l'anello-guida riportato in prossimità dell'elettrodo omonimo. Ma la notizia più

importante, relativa al diodo zener, è che questo componente viene utilizzato, nei circuiti in cui funge da elemento stabilizzatore di tensione, con le polarità invertite e che esso non conduce corrente finché la tensione applicata ai suoi elettrodi rimane inferiore a quella di lavoro, ovvero alla tensione di zener.

PRESENTAZIONE CIRCUITALE

Il progetto del dispositivo di controllo delle tensioni di lavoro dei diodi zener, riportato in figura 4, viene alimentato con la tensione di rete, tramite un trasformatore riduttore di tensione T1. Il quale abbassa la tensione di 220 Vca al valore di 200 Vca.
A valle del trasformatore T1 è presente un dispositivo di rettificazione e livellamento, composto dal diodo al silicio D1 e dal condensatore elettrolitico C1. Il primo trasforma la corrente alternata in corrente ad un solo verso, il secondo la converte in corrente continua. Le due resistenze R1 ed R2 proteggono il circuito da assorbimenti eccessivi di corrente, mentre la resistenza variabile dosa la tensione da applicare ai terminali del diodo zener ZX e ai puntali del tester.
La misura delle tensioni di lavoro dei diodi zener si effettua nel modo seguente. Inizialmente, la resistenza variabile R3, che prende il nome di potenziometro a variazione lineare, deve essere interamente inserita, ovvero, il cursore mobile di questa, adibito al prelievo di una parte di tensione, deve rimanere tutto ruotato verso il basso, cioé verso la linea elettrica di conduzione della tensione negativa che, occorre bene ricordarlo, va a collegarsi con l'anodo dello zener in prova, al contrario di quanto avviene con i normali diodi.

Regolato il potenziometro R3 nel modo ora suggerito, si inserisce il diodo zener fra le boccole d'uscita del circuito, come chiaramente indicato nello schema di figura 4. A questo punto si ricorda, per inciso, che l'inserimento errato dello zener sulle boccole d'uscita del circuito, cioé con catodo ed anodo applicati in senso invertito, provoca, sulla scala di lettura del tester, la segnalazione di un valore di tensione costante, quello di 0,7 V, che rimane tale pur facendo ruotare il cursore di R3 verso la resistenza R2.
Supponendo di aver rispettato le condizioni elettriche ora menzionate, si comincia a girare il perno di comando del potenziometro R3, lentamente, tenendo sotto osservazione l'indice del tester e controllando il movimento di questo fino a quel valore di tensione oltre il quale non si muove più. Qui finisce la prova dello zener con il dispositivo di figura 4 e la tensione indicata dal tester è quella di zener del diodo ZX.
Una volta individuata la tensione di zener, il movimento di rotazione del cursore di R3 deve cessare, per non sottoporre il componente in esame ad un eccesso di corrente che, nei componenti più piccoli, potrebbe essere dannoso.

MONTAGGIO DEL DISPOSITIVO

La figura 5 propone uno schema di montaggio del progetto descritto, da realizzarsi su un contenitore metallico, ma con tutte le attenzioni possibili ad assicurare l'isolamento dal metallo dei conduttori e dei componenti. Le due boccole "a" e "k", ad esempio, debbono essere di tipo ad isolamento completo.
La morsettiera a cinque terminali, fissata nella zona centrale del contenitore, consente di mantenere isolati quattro componenti e di irrigidire il cablaggio del circuito.
In fase di applicazione del condensatore elettrolitico C1, questo dovrà essere inserito nel circuito con le polarità indicate in figura 5. Analoga considerazione si estende al diodo raddrizzatore al silicio D1.
Il trasformatore T1 è dotato di due avvolgimenti quasi uguali, non bisogna quindi confondere tra loro il primario con il secondario. Dato che sul primario vanno collegati i conduttori di rete, sul secondario quelli del circuito utilizzatore.
Sul perno del potenziometro R3, a montaggio ultimato, si applicherà una manopola di dimensioni relativamente grandi, in modo da consentire i piccoli spostamenti del cursore e, di conseguenza, le piccole variazioni della tensione applicata al diodo in prova.
Naturalmente, a seconda del modello del diodo zener analizzato, anche la scala dei valori di tensione del tester dovrà apparire adeguata alla misura.

Materiale di impiego

Disegno circuitale

Uso del punteruolo

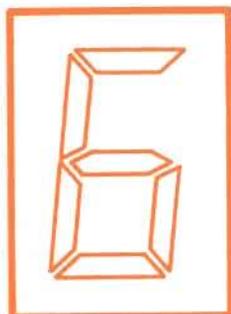
Operazione pennarello

Corrosione del rame

Lavaggio della piastra

Foratura con trapano

CIRCUITI STAMPATI

Il circuito stampato è ormai divenuto il supporto di quasi tutti i montaggi elettronici. Ed ogni lettore sa che è sempre rappresentato da una piastra, di forme e dimensioni diverse, che può essere di bachelite o di vetronite.
Quello di bachelite è di color marrone, l'altro, di vetronite, è di colorazione verde. Ma in entrambi, su una delle loro facce, sono riportate delle piccole strisce di rame, che i tecnici chiamano piste e che compongono appunto il cosiddetto circuito stampato. L'altra faccia è ovviamente liscia, ma contiene i fori nei quali vengono infilati i terminali dei componenti che, nella parte opposta, saranno sottoposti alle operazioni di saldatura a stagno.
È ovvio che l'avvento del circuito stampato ha risolto una grande quantità di problemi tecnici come, ad esempio, il guadagno di spazio, la miniaturizzazione dei dispositivi, la compattezza e la stabilità circuitale, nonché la celerità di mon-

I metodi di approntameno dei circuiti stampati sono molteplici, ma quello descritto in questa sede è certamente il più semplice ed economico fra tutti.

taggio. Ed è evidente che ogni dilettante ha recepito con grande entusiasmo il concetto di circuito stampato come punto di partenza di ciascun programma realizzativo. Tanto è vero che, già da molti anni, quasi tutti i progetti presentati su questo stesso periodico, sono confortati dalla presenza del disegno, riportato nelle misure reali, del necessario circuito.
Ma il lettore principiante, pur sapendo che cosa sia un circuito stampato, non può conoscerne il metodo di approntamento, anzi, il più delle volte lo ritiene un'impresa eccessivamente ardua, se non proprio impossibile. Mentre in queste stesse pagine ci proponiamo di smentire tale errata opinione, offrendo a tutti la descrizione del sistema più semplice di realizzazione, in casa propria e senza l'impiego di particolari attrezzature, di qualsiasi modello di basetta-supporto, munita, in una delle sue superfici, di un circuito stampato che, pur non riflettendo la perfezione dei corrispondenti prodotti industriali, nulla potrà invidiare a questi nel consentire il montaggio ed il funzionamento degli apparati elettronici, concettualmente anche molto sofisticati.

MATERIALI DI IMPIEGO

Attualmente, i circuiti stampati, vengono costruiti nell'industria con procedimenti che non possono essere adottati nel semplice laboratorio del dilettante. Ma questa categoria di operatori elettronici non è stata dimenticata da alcune organizzazioni specializzate, che hanno allestito e messo in vendita appositi kit, contenenti tutti gli elementi necessari per comporre un circuito stampato nelle dimensioni e forme desiderate. Gli stessi elementi vengono pure venduti separatamente, nel quantitativo voluto, presso i migliori rivenditori di componenti elettronici. Tuttavia, coloro che volessero evitare l'acquisto dei kit ora menzionati, preferendo una realizzazione completamente personale, ottenuta con materiale proprio, potranno ugualmente raggiungere lo scopo, dopo aver assimilato il processo costruttivo. Che è quasi sempre lo stesso e consiste nel preparare dapprima una basetta di materiale isolante nelle dimensioni necessarie, ritagliandola dal laminato con un seghetto da traforo, nel disegnare su questa il circuito vero e proprio, ricoprendola poi con smalto o vernice e nell'incidere infine il rame con particolare acido diluito in acqua nelle giuste proporzioni.
Si tenga presente che l'espressione "laminato", ora usata, definisce una lastra di bachelite o di vetronite con una superficie nuda e l'altra totalmente ricoperta da un sottile strato di rame.
Ma vediamo subito, nei dettagli, come si realizza nel laboratorio dilettantistico il circuito stampato.

DISEGNO DEL CIRCUITO

È vero che il tempo necessario per preparare un circuito stampato è talvolta maggiore di quello richiesto dal montaggio di un semplice progetto elettronico, ma è altrettanto vero che questo tempo non viene speso invano. Perché aiuta il dilettante a conoscere meglio lo schema e, quindi, ad allontanare di più ogni possibilità di errore di cablaggio. Anche se le piste di rame non saranno perfettamente lineari e le piazzole non avranno assunto una precisa configurazione geometrica. Dato che l'elemento risultante, di assoluto rilievo, non deve rispecchiarsi nell'esteriorità dell'operato, ma nella completa assenza di errori circuitali.
Dunque, l'approntamento dei circuiti stampati non costituisce una comune attività pratica di ridotto interesse tecnico, ma rappresenta uno stimolo alla completa conoscenza dei progetti attraverso un lavoro ricco di contenuti didattici.
Immaginiamo ora di dover costruire il supporto

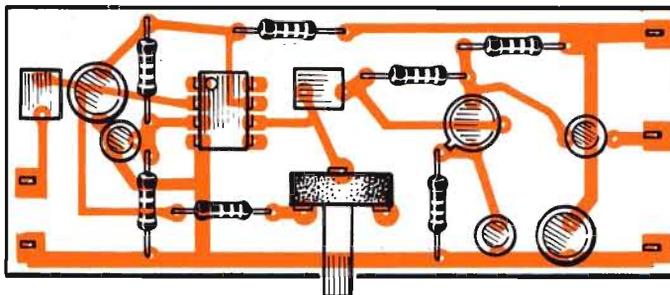



Fig. 1 - La descrizione del metodo di approntamento dei circuiti stampati, consigliato ai lettori principianti, prende ad esempio la composizione del progetto qui riprodotto. Nel quale le piste di rame debbono ritenersi viste in trasparenza.

con circuito stampato di un qualsiasi progetto estrapolato da un fascicolo arretrato del periodico: quello riprodotto in figura 1. Nel quale le piste di rame debbono intendersi viste in trasparenza, perché in realtà queste si trovano nella parte opposta del disegno. Infatti, se osservato frontalmente, il disegno del circuito stampato appare come nell'immagine di figura 2.
Quando si decide di dar inizio al lavoro, si esegue, come prima operazione, la fotocopia della pagina sulla quale è pubblicato il disegno del circuito stampato in grandezza reale, perché ritagliandolo direttamente dalla pubblicazione si distruggerebbe parte di questa, mutilando il corrispondente articolo, se non addirittura uno schema costruttivo presentato nella pagina precedente.
Una volta ottenuta la fotocopia, la si ritaglia lungo i lati del disegno, i cui angoli sono contrassegnati con lineette sottili incrociate. Quindi si rica-

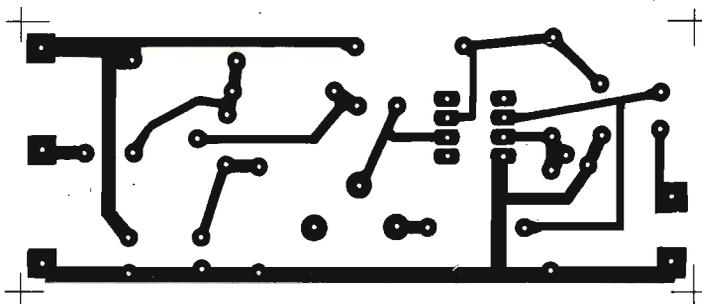



Fig. 2 - Questo è il disegno del circuito stampato la cui costruzione viene interpretata nel testo.

va dal laminato una piastrina nelle identiche forme e dimensioni del disegno in fotocopia, utilizzando un seghetto da traforo nel modo illustrato in figura 3.
La piastrina, con i lati eventualmente lisciati con carta vetrata, va ora ripulita sulla superficie ramata. E per questa operazione serve la polvere detergente, da impiegarsi nel modo indicato in figura 4. Tutte le polveri impiegate nelle pulizie domestiche di bagni, piastrellati e maioliche possono ritenersi ottime per tale intervento.
Dopo aver ben strofinata la superficie ramata, fino a renderla lucida, questa va ripassata con un batuffolo di cotone impregnato di acetone.
Giunto a questo punto del suo lavoro, il dilettante si trova ora in possesso di due elementi: la fotocopia del disegno e la basetta-supporto.

Fig. 3 - La fotocopia del disegno del circuito stampato consente di stabilire le esatte dimensione della basetta-supporto, che viene ricavata, tramite un seghetto da traforo, da un laminato appositamente costruito e messo in vendita nei negozi di materiali elettronici.

USO DEL PUNTERUOLO

La figura 5 interpreta le successive operazioni che il principiante deve compiere prima di raggiungere il risultato finale dell'approntamento del circuito stampato.
Sulla faccia di rame della piastrina si applica la fotocopia del disegno originale e la si fissa ai quattro lati mediante pezzetti di nastro adesivo di tipo trasparente, di quello usato dai disegnatori ed acquistabile presso qualsiasi cartoleria.
Si pone mano ora ad un comune punteruolo e si segnano, con una certa pressione, tutti quei punti del circuito in cui si dovranno praticare i fori per l'introduzione dei terminali dei componenti, senza dimenticarne alcuno.
Questa operazione è assolutamente necessaria per agevolare il lavoro di foratura con il trapano, altrimenti la punta perforante dell'utensile potrebbe scivolare e danneggiare il rame nella zona circostante il foro. Coloro che hanno già avuto occasione di utilizzare il trapano normale su parti metalliche, sanno bene che, prima di forare una lamiera, occorre munirsi di martello e punteruolo e con questi incidere il metallo per creare un piccolo incavo di alloggiamento della punta perforante. Ovviamente, sui circuiti stampati il martello non serve, perché la pressione esercitata con la mano sul punteruolo è più che sufficiente per raggiungere lo scopo. E non serve neppure il normale trapano, troppo pesante ed ingombrante per questo tipo di lavoro, ma occorre il minitrapano, acquistabile presso i negozi di ferramenta e modellismo.
Ultimata l'operazione "punzonatura", si stacca la fotocopia dalla superficie di rame della basetta e la si conserva a parte.

L'INTERVENTO PIÙ DELICATO

Se le dita delle mani hanno lasciato qualche traccia visibile sul rame, oppure se la superficie ramata della piastrina si è in qualche punto spor-

Fig. 4 - La piastrina deve essere accuratamente pulita, sulla superficie ramata, per mezzo di polvere detergente.

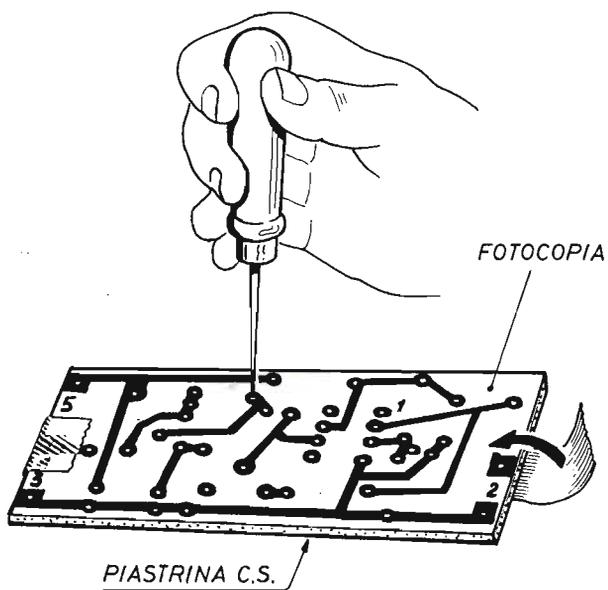



Fig. 5 - Dopo aver sovrapposta la fotocopia del circuito stampato sulla faccia ramata della piastrina, si incidono con un punteruolo tutti i punti che, in seguito, verranno perforati con il trapano.

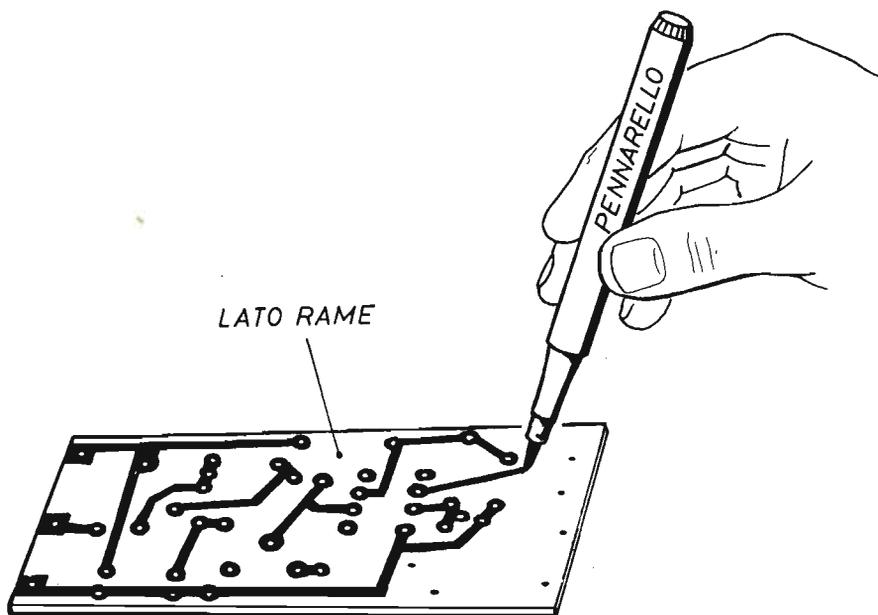



Fig. 6 - Servendosi di un pennarello di ottima qualità e ad inchiostro denso, si disegnano sulla faccia ramata della piastrina, tutte le piste del circuito.

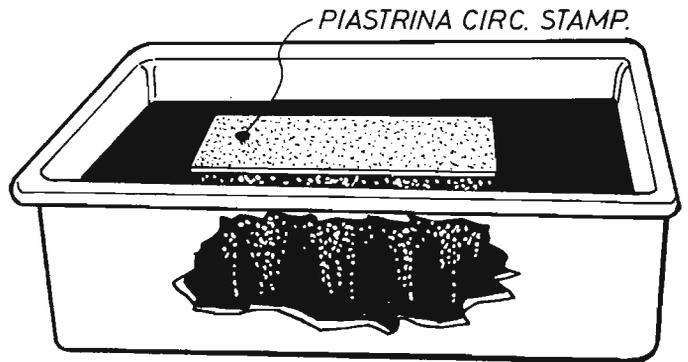



Fig. 7 - La piastrina galleggia sul pelo del bagno di liquido corrosivo con la faccia ramata rivolta all'ingiù, in modo che le particelle di metallo asportato, segnalate con la punteggiatura bianca, precipitino comodamente verso il fondo della bacinella di plastica.

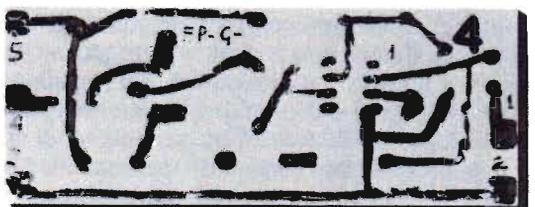
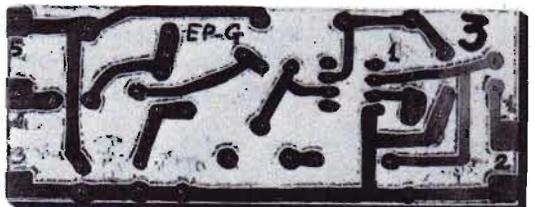
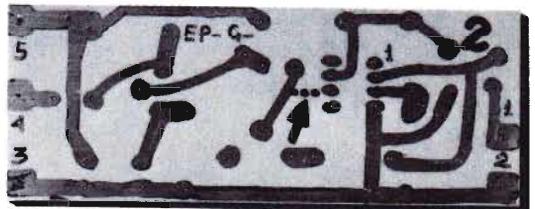
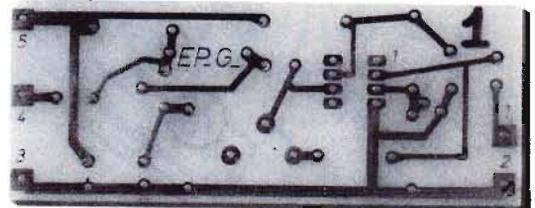



Fig. 8 - La foto riproduce quattro esempi di lavorazione di uno stesso circuito stampato. Quello indicato con il numero 1 è da ritenersi perfetto. E lo è pure quello segnalato con il numero 2, nel quale tuttavia manca un tratto di pista, indicato dalla freccia e non disegnato in precedenza. Il circuito con il numero 3 è stato invece sottoposto ad un processo di corrosione troppo breve, al contrario di quanto è accaduto per il circuito 4 nel quale il bagno della piastrina è durato molto a lungo.

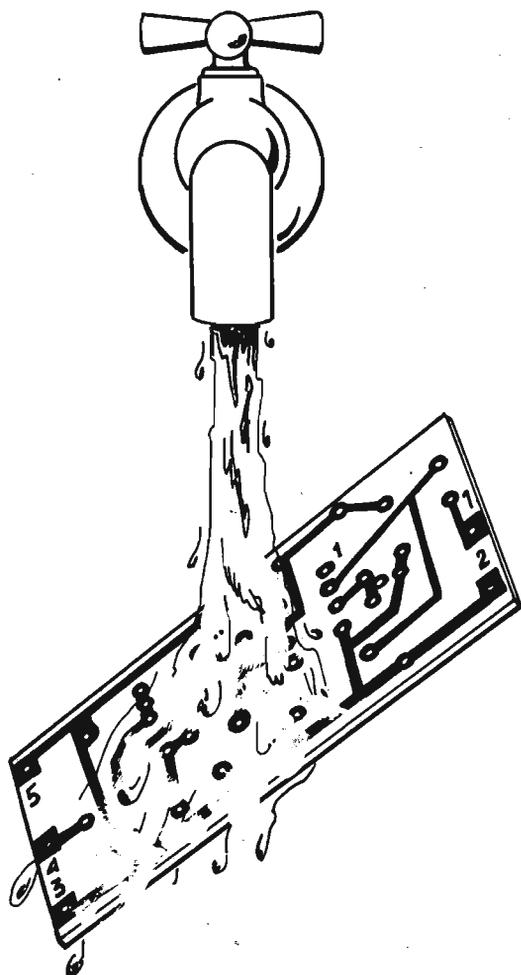



Fig. 9 - Dopo aver estratta la piastrina dal bagno acido, questa va posta sotto il getto d'acqua di un rubinetto, per un energico e completo lavaggio.

cata inavvertitamente, si deve ripulirla con il solito batuffolo di cotone impregnato di acetone. Ma da questo momento occorrerà ricordarsi di non toccare più il rame con le dita!
Inizia ora il lavoro più delicato di tutti, quello di disegnare le piste del circuito sul rame, ricopiando il disegno della fotocopia, per mezzo di un pennarello del tipo chiamato "permanente" o "indelebile", possibilmente di marca Staedler-Lumocolor, di qualsiasi colore rosso, nero o blu. In pratica, come indicato in figura 5, si tratta di congiungere tra loro i punti segnati in precedenza con il punteruolo. Ma si deve far attenzione a tracciare delle linee rette il più possibile, di comporle con inchiostro denso ed eventualmente di ripassarle con il pennarello, di realizzare le piazzole molto rotonde e di non creare macchie o tracce errate, che possono essere agevolmente rimosse con una lametta.
Con il pennarello, oltre che piste e piazzole, si disegnano pure eventuali sigle e numeri, necessari per indicare importanti elementi circuitali. Per esempio si possono comporre le scritte ENTR. ed USC., per segnalare i punti di entrata e di

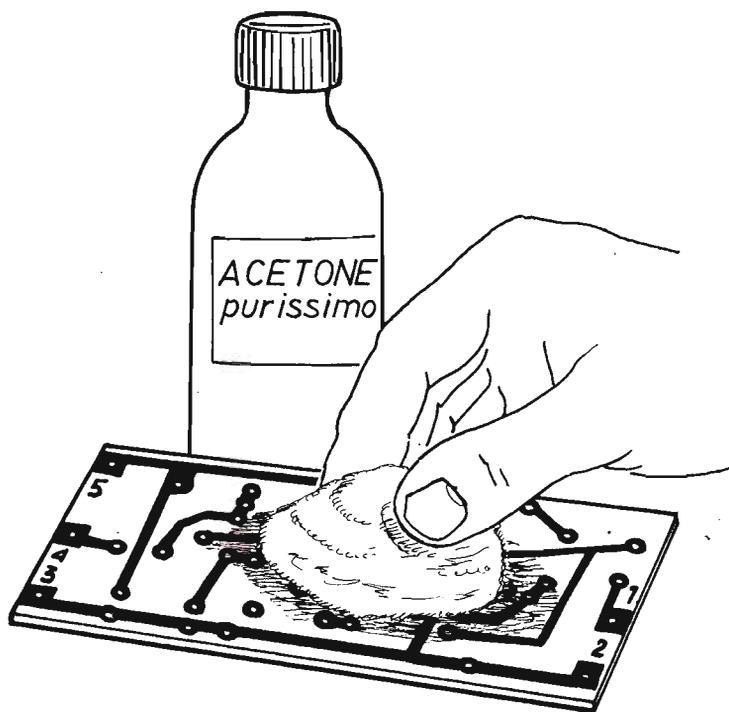



Fig. 10 - Le piste del circuito stampato vanno liberate dalla copertura dell'inchiostro del pennarello con un batuffolo di cotone impregnato di acetone purissimo, fino ad evidenziare la completa lucentezza del rame.

uscita del circuito, oppure si appone il numero 1 in corrispondenza del piedino 1 di un integrato, e così via.
Una volta completato il disegno del circuito, si deve lasciar asciugare l'inchiostro per una buona mezz'ora e controllare ancora l'esattezza del disegno, che non potrà mai vantare la precisione di quello originale di figura 2, ma che agli effetti del risultato elettrico deve considerarsi ottimo.

CORROSIONE DEL RAME

Inizia ora il procedimento chimico di corrosione di tutta la parte di rame scoperta. Per il quale occorrono due elementi: una bacinella e l'acido da immettere in questa.
L'acido necessario per asportare dalla piastrina le parti di rame che non interessano il circuito, si compera presso i rivenditori di materiali elettronici e prende il nome di percloruro ferrico; ma questo può essere composto direttamente dal dilettante, sciogliendo l'apposito sale in acqua comune.
Il sale, in composizione granulare, è solitamente di color giallognolo e la soluzione va preparata con due parti uguali, in peso, di sale e di acqua. Di norma, 50 grammi di sale e 50 grammi di acqua sono sufficienti per una quantità di acido necessaria per lavorare una lastra ramata della misura di un metro quadrato.
La soluzione si preparara in una bacinella di plastica o di vetro, ma anche un comune piatto fuori uso può servire allo scopo; non si deve invece, nella maniera più assoluta, far uso di contenitori metallici, che verrebbero inevitabilmente intaccati e corrosi dall'acido.
Nella bacinella si introduce il sale, ridotto in pol-

vere, e si versa poi l'acqua nel quantitativo stabilito. Per facilitare lo scioglimento del sale, occorre agitare leggermente la soluzione con una bacchetta di legno o di plastica, agendo ovviamente con cautela, in modo da evitare spruzzi di acido su mani e vestiti che, eventualmente, vanno subito energicamente lavati con acqua e sapone.
La soluzione acida, già preparata, viene venduta in bottiglioni da uno o due litri.
La figura 7 illustra il modo con cui la piastrina deve essere introdotta nella bacinella, ovvero con la faccia recante il disegno del circuito stampato rivolta all'ingiù. In modo che l'acido possa svolgere la sua opera di corrosione, facendo precipitare verso il basso il rame corroso, segnalato tramite la punteggiatura bianca in figura 7, mentre la piastrina galleggia sul pelo dell'acqua.
Le particelle di rame, che cadono verso il fondo della bacinella di plastica, non appartengono chiaramente al metallo ricoperto dall'inchiostro, che formerà, dopo la completa corrosione dell'acido, il circuito stampato.
Il tempo in cui la basetta deve rimanere nel bagno di acido può variare fra venti minuti primi e sessanta minuti, a seconda della temperatura a cui si trova il liquido. Ma come regola generale si può ritenere valido il seguente prospetto:

Temperatura	Tempo
40° C	20'
20° C	35'
10° C	45'

Oltre che dalla temperatura del bagno, il tempo dell'operazione di corrosione del metallo dipende anche dallo spessore del rame, che varia notevolmente fra un tipo di laminato e l'altro e, ovviamente, dalla concentrazione dell'acido.
È possibile, durante questo processo chimico, controllare gli effetti dell'acido sulla piastrina, dopo che sia trascorso il tempo ritenuto necessario al compimento dell'opera. In tal caso la piastrina va sollevata delicatamente, servendosi di una pinzetta di plastica o di legno, per esempio di una molletta per fissare la biancheria stesa ad asciugare. Quindi si osserva il risultato, che può essere uno dei quattro illustrati in figura 8. Nella quale la piastrina segnalata con il numero 1 rappresenta una lavorazione perfetta, eseguita a regola d'arte; quella con il numero 2 è da considerarsi ugualmente perfetta, ma priva di un tratto di pista di rame, che l'operatore si è dimenticato di tratteggiare durante la composizione del disegno con l'inchiostro del pennarello. La freccia indica il punto di omissione della striscia di rame, che può essere sostituita con uno spezzone di filo conduttore saldato a stagno.

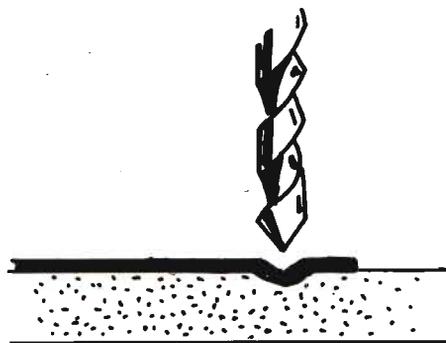



Fig. 11 - La punta del trapano agisce con sicurezza se il lavoro di punzonatura, eseguito in precedenza, ha creato degli opportuni avvallamenti nei punti di foratura.

La piastrina con il numero 3, sempre in figura 8, propone un esempio di lavorazione con risultati inaccettabili, perché il tempo di corrosione del rame è stato troppo breve, certamente non in grado di asportare l'esubero di metallo rimasto in forma di punteggiature più o meno accentuate fra le piste del circuito.
Contrariamente a quanto è accaduto per la piastrina 3, quella contrassegnata con il numero 4 ha subìto un'operazione di corrosione troppo prolungata nel tempo e le piste di rame appaiono elettricamente deboli, non lineari, frastagliate, insufficienti ad offrire una garanzia di conduttività accettabile.
L'intervento con l'acido finisce qui e prima che questo possa creare dei guai, conviene riporlo in un apposito contenitore, che può essere di vetro o di plastica, ricordando che ha vita lunghissima, fino ad una decina d'anni e che, all'occorrenza, può sempre essere riutilizzato.
L'acido per circuiti stampati corrode il ferro, le cromature, il legno ed i vestiti, non intacca invece il vetro, le ceramiche e le plastiche. Dunque, se cade nel lavandino, a lungo andare corrode le parti metalliche e macchia quelle di maiolica. Se bagna un indumento, questo va immediatamente lavato con acqua corrente, altrimenti il tessuto si fora. Se viene toccato con le mani, basta lavarsi subito, energicamente, sotto il getto del rubinetto, per scongiurare ogni pericolosità.

LAVAGGIO DELLA PIASTRINA

Dopo aver tolto la piastrina dal bagno acido, questa dovrà essere lavata con acqua corrente, come indicato in figura 9 e successivamente asciugata. Il lavaggio è necessario per eliminare ogni traccia di acido.
Giunti a questo punto, ci si trova in possesso di una piastrina in cui il disegno è ricoperto dall'inchiostro del pennarello. Occorre quindi togliere questo elemento per mettere in luce il rame rimasto sulla faccia che, all'origine, appariva totalmente ramata. E a tale scopo servono, come indicato in figura 10, un po' di cotone ed una bottiglietta di acetone.
Con il batuffolo di cotone, imbevuto di acetone, si strofinano bene le parti della piastrina in cui sono presenti le piste del circuito stampato ed il gioco è fatto. Non rimane ora che praticare i fori nei vari punti in cui dovranno essere inseriti i terminali dei componenti per completare la lavorazione.

FORATURA DELLA PIASTRA

Per le operazioni di foratura della basetta si deve impiegare una punta da trapano con diametro di 1 mm. Ma se qualche foro dovrà essere più grande, si provvederà ad allargare quello già praticato in precedenza con altra punta di diametro adeguato.
Il trapano più adatto per questo lavoro è quello utilizzato dai modellisti, elettromeccanico ma di piccole dimensioni. In ogni caso la punzonatura, eseguita in precedenza, agevola il compito dell'operatore, perché la punta del trapano, come segnalato in figura 11, non può commettere errori di incisione e danneggiamento delle parti circostanti, durante l'impugnatura dell'utensile, scivolando lungo la superficie della piastrina.
Ultimate anche queste operazioni, si potrà ora sovrapporre, al circuito stampato reale, quello della fotocopia conservata a parte, per controllare, in controluce, l'esattezza dell'opera compiuta. Ovviamente questo esame visivo è possibile con le basette di vetronite, ma non con quelle di materiale fenolico, che non sono affatto trasparenti. Tuttavia, per rendere lucida la carta della fotocopia, ossia abbastanza trasparente, è sempre possibile ungerla con olio chiaro, per esempio di vaselina o di semi. Ciò è superfluo se la fotocopia è stata riprodotta su carta lucida, del tipo di quella usata dai disegnatori ed acquistabile presso tutte le cartolerie.

Sensibilità strumentale

Errori di misura

Portata

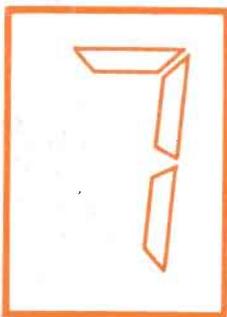
Misure di tensioni

Misure di correnti

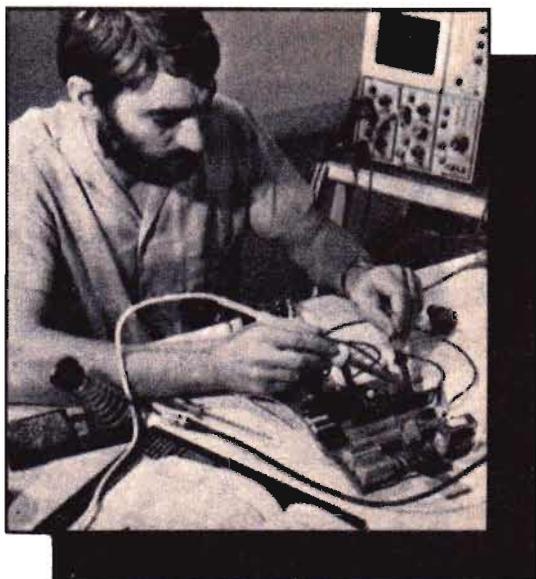
Ohmmetro

Controllo semiconduttori

USO DEL TESTER

Se è vero che i molti strumenti che partecipano all'allestimento del laboratorio elettronico sono tutti utili, è altrettanto vero che uno soltanto fra questi deve considerarsi assolutamente necessario. E tale è il tester, ovvero lo strumento con il quale si misurano le tensioni, le correnti, le resistenze ed altro ancora.
La parola "tester" deriva dalla lingua inglese (to test = provare) ed è ormai divenuta di uso corrente, anche se alcuni chiamano questo strumento "analizzatore universale", per la sua versatilità di impiego, il gran numero di funzioni esercitabili e la quantità di portate commutabili.
Nel tester è contenuto un circuito elettronico interno alimentato da una pila; esternamente è presente un pannello nel quale dominano le scale di lettura e le prese per l'innesto di due spinotti collegati, via filo conduttore, alle estremità opposte, ad altrettanti puntali-sonda. Ma il componente principale dello strumento è rappresentato

L'analizzatore universale, che tutti chiamano tester, è il primo e più importante strumento di misura che ogni dilettante deve acquistare e saper impiegare almeno nelle sue tre funzioni fondamentali, di voltmetro, amperometro e ohmmetro.

da un "galvanometro", ossia da uno strumento indicatore nello strumento complessivo, che i più conoscono come "milliamperometro" e così lo chiamano anche se la dizione non è esatta sotto l'aspetto strettamente tecnico.
Il galvanometro è uno strumento caratterizzato da elevatissima sensibilità, in grado di rilevare correnti o differenze di potenziale estremamente esigue. Impiegato in opportuni circuiti, esso diviene amperometro, voltmetro, ohmmetro. Ma la sua caratteristica fondamentale è la "sensibilità". Con la quale si intende quantificare il valore della corrente necessaria per far deviare l'indice a fondo-scala. Per esempio, quando si dice che un galvanometro ha la sensibilità di 50 μA, ciò sta a significare che occorre una corrente del valore menzionato per costringere l'indice dello strumento a raggiungere il fondo-scala.
Nell'esempio ora citato, si sarebbe anche potuto dire che quel particolare galvanometro ha una portata di 50 μA, ossia che con quello strumento si possono misurare tutte le correnti di valore compreso fra 0 μA e 50 μA e non quelle superiori a questo dato. Tuttavia uno stesso strumento è sempre trasformabile in un altro a diverse portate e ciò è quanto accade negli amperometri e nei voltmetri, in particolare e nei tester, in generale.
Allo stato attuale della tecnica, capita spesso di aver a che fare con correnti e tensioni debolissime; è quindi necessario che il tester risponda alla qualità primaria di essere molto sensibile, cioè di possedere una elevata sensibilità.
Si è parlato genericamente della sensibilità di un galvanometro. Ebbene, nel tester questa rappresenta l'attitudine a rilevare piccole misure. Anche in questo caso, però, vale sempre lo stesso concetto, quello per cui la sensibilità di un tester si identifica con il valore della corrente necessaria a far deviare l'indice a fondo-scala. Dunque, la sensibilità del tester e quella del galvanometro incorporato sono la stessa cosa. Pertanto, quando si deve progettare il circuito di un tester, si stabilisce dapprima quale debba essere la sua sensibilità e poi, tenendo conto di questa, si effettua la scelta del galvanometro.
Facendo seguito a quanto finora detto, è utile ricordare la seguente classifica di corrispondenza fra le sensibilità dei galvanometri e quelle dei tester nei quali i primi sono incorporati:

Sens. galvanometro	Sens. tester
fino a 10 μA	elevatissima
fino a 100 μA	elevata
fino a 1 mA	media
fino a 10 mA	bassa

SENSIBILITÀ DEL TESTER

Nei diversi settori commerciali e naturalmente in quello della tecnica applicata, la sensibilità del tester si esprime con una formula particolare: "ohm per volt", che normalmente si scrive Ω/V. Molti principianti, infatti, avranno sentito definire il tester come uno strumento da 10.000 ohm/volt, oppure da 20.000 ohm/volt (20 KΩ/volt). Ma che cosa significa una tale espressione? Interpretiamola subito. Essa vuol esprimere il valore in ohm della resistenza che è necessario collegare, in serie allo strumento, affinché l'indice a fondo-scala corrisponda con il valore di tensione di 1 V.
Conoscendo quindi la sensibilità del tester espressa con la formula citata, si conosce pure la sensibilità del galvanometro incorporato, ovvero quella che in precedenza era stata definita come la corrente necessaria a spostare l'indice a fondo-scala.
Facciamo un esempio. Prendiamo in considerazione un tester da 20.000 ohm/volt. Dalla legge di Ohm si ha che:

$$I = V : R$$

Per cui:

$$1\ V : 20.000\ ohm = 0{,}05\ mA$$

Dunque, il galvanometro inserito nel tester preso ad esempio ha una sensibilità di 0,05 mA fondo-scala. Ma analizziamo ora il caso inverso. Ovvero,

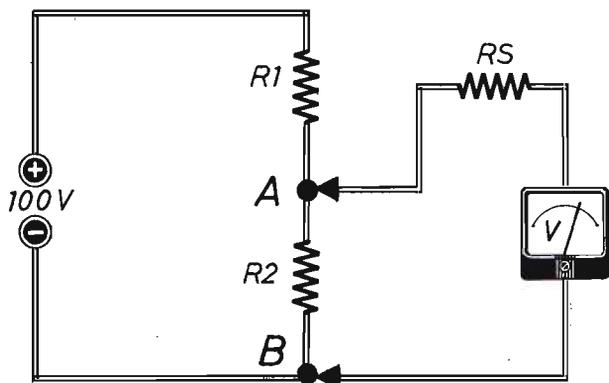



Fig. 1 - Su questo schema, nel quale con la sigla RS viene simboleggiata la resistenza introdotta dal tester, mentre R1 vale 220.000 ohm ed R2 misura 56.000 ohm, applicando la legge di Ohm si individua la caduta di tensione fra i punti A e B e la si paragona a quella rilevata con tre tipi di tester diversi, da 1.000 ohm/volt, 20.000 ohm/volt e 1 megaohm/volt.

se il galvanometro incorporato nel tester ha una sensibilità di 0,05 mA, quale è quella del tester espressa in ohm/volt?
Dalla legge di Ohm si ha:

R = V : I

pertanto:

1 V : 0,00005 A = 20.000 ohm

La sensibilità del tester è quindi quella di 20.000 ohm/volt, che è da considerarsi elevata e la più consigliabile nei tester per impieghi dilettantistici. Perché gli errori di misura sono tollerabilissimi e certamente accettabili nel settore degli esperimenti del principiante di elettronica.

ERRORI DI MISURA

Soltanto il calcolo matematico di una tensione, di una corrente o di una resistenza, in un punto di un determinato circuito, rimane esente da errori. La misura rilevata con il tester, invece, comporta sempre una certa differenza tra le grandezze reali e quelle espresse dalla posizione raggiunta dall'indice sulla scala dello strumento. Ma per confermare quanto ora detto, sono stati riportati, qui di seguito, alcuni calcoli, con riferimento allo schema teorico di figura 1 e con il duplice scopo di interpretare, sotto altro aspetto, l'espressione Ω/V, che definisce la sensibilità dei tester e quella di errore di misura.
Si supponga di misurare la tensione fra i punti A - B del circuito di figura 1, alimentato con la tensione continua di 100 V e nel quale la resistenza R1 vale 220.000 ohm, mentre la R2 vale 56.000 ohm.
La misura proposta viene effettuata in due modi: matematicamente, con la legge di Ohm e praticamente con tre tester dotati di tre sensibilità diverse:

1° Tester = 1.000 Ω/V = 1 KΩ/V
2° Tester = 20.000 Ω/V = 20 KΩ/V
3° Tester = 1.000.000 Ω/V = 1 MΩ/V

Applicando la legge di Ohm, la caduta di tensione, fra i punti circuitali A - B, vale 20,289 V. Collegando invece, in parallelo alla resistenza R2, i tre tester, si rilevano tre valori diversi, sia pure di poco. Ma perché si verificano queste discordanze? Semplicemente perché ciascun tester inserisce, in parallelo con la resistenza R2, una diversa resistenza che, in figura 1, è stata simboleggiata con la sigla RS (Resistenza Strumento). Infatti, il tester assorbe una certa quantità di corrente, necessaria per far deviare l'indice e questo assorbimento di corrente avviene attraverso elementi conduttori che oppongono naturalmente una resistenza al flusso di elettroni e che è stata segnalata con RS. Ora, se i tre tester utilizzati sono commutati nella misura di tensioni continue e sulla portata di 100 V fondo-scala, le resistenze da questi opposte alla corrente per una deviazione totale dell'indice sono rispettivamente di:

1° Tester 1.000 x 100 = 100.000 Ω
2° Tester 20.000 x 100 = 2.000.000 Ω
3° Tester 1.000.000 x 100 = 100.000.000 Ω

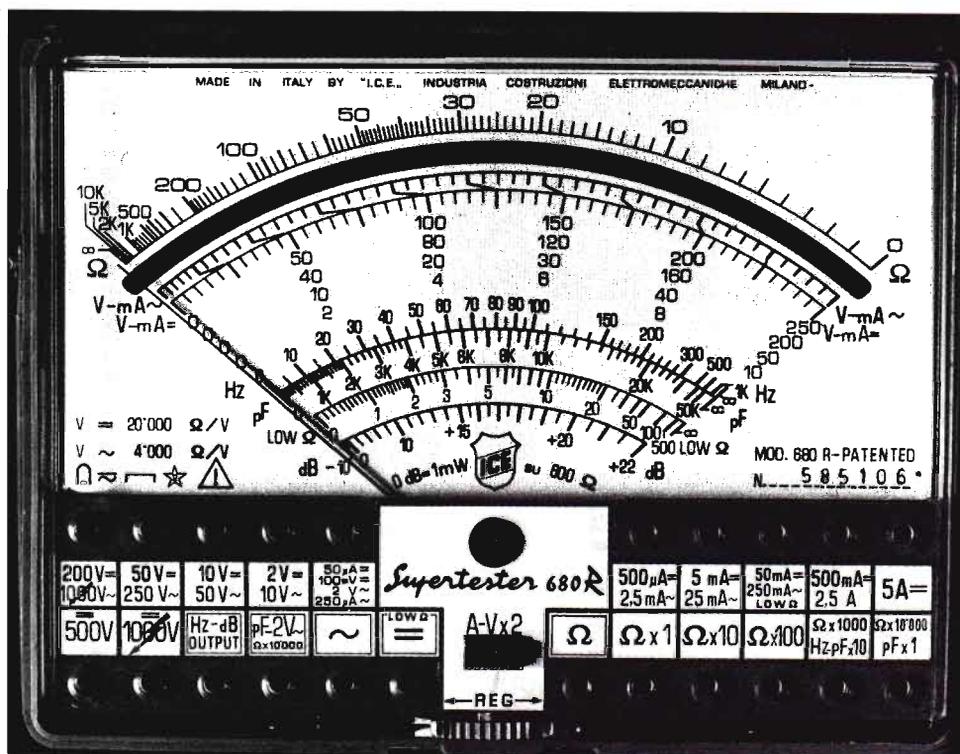



Fig. 2 - Modello di tester da 20.000 ohm/volt, di tipo commerciale molto comune e sul quale vengono interpretate le varie operazioni di misura descritte nel testo.

È evidente che il terzo tester è il più preciso fra i tre, perché oppone una maggiore resistenza alla corrente, ovvero assorbe una minima intensità di corrente, che altera di pochissimo la caduta di tensione reale fra i punti A - B del circuito di figura 1.

Applicando ancora la legge di Ohm, ovvero valutando le tre tensioni in corrispondenza dei tre valori resistivi dianzi elencati, si ha:

1° Tester (1 K Ω/V) = 13,999 V
2° Tester (20 K Ω/V) = 19,845 V
3° Tester (1 M Ω/V) = 20,278 V

Ricordando che il valore reale della tensione, in base alla legge di Ohm, era di 20,289 V, si possono rilevare ora le entità degli errori commessi con le letture dei tre tester:

20,289 V — 13,999 V = 6,29 V (errore)
20,289 V — 19,845 V = 0,44 V (errore)
20,289 V — 20,278 V = 0,01 V (errore)

Si capisce bene, a questo punto, che i tester caratterizzati da una maggiore sensibilità consentono letture più precise. Occorre notare, tuttavia, che fra i due tester da 20 K Ω/V e 1 M Ω/V, la differenza di errore è minima e che il primo modello è da ritenersi perfettamente adatto alle attività dei dilettanti di elettronica.

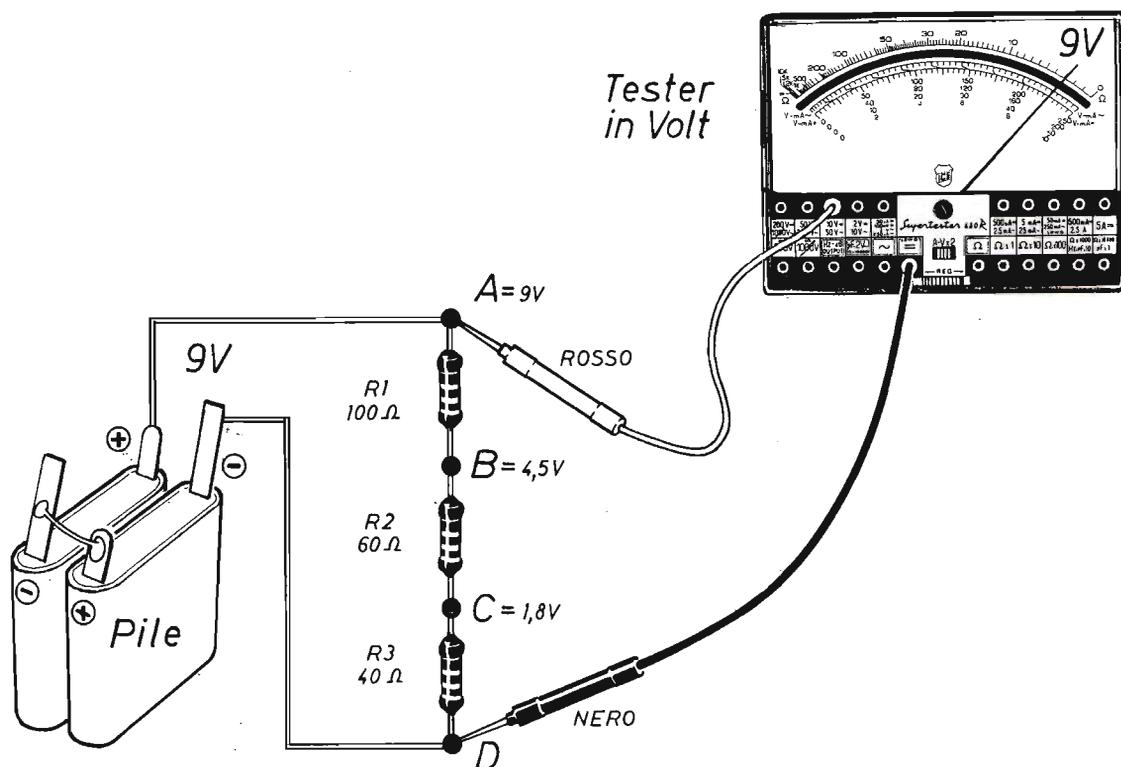



Fig. 3 - Esempio di misure di tensioni rilevate fra i punti A - B - C - D ed ampiamente descritte nel testo. Le tre resistenze, collegate in serie con i morsetti della batteria di pile provocano tre diverse cadute di tensione, che si possono pure valutare applicando la legge di Ohm.

PORTATA DEL TESTER

Dal concetto di sensibilità scaturisce immediatamente quello di portata dello strumento. Che è altrettanto importante quanto il primo.
In precedenza era stato preso in considerazione un tester con sensibilità di 0,05 mA. Ebbene, se quello strumento avesse una sola portata, consentirebbe di rilevare misure di correnti comprese fra 0 mA e 0,05 mA e non quelle di valore superiore. Di qui la necessità di dotare i tester di più scale di misure e cioè di più portate, onde consentire misure di valori bassi ed elevati delle varie grandezze elettriche. Il numero delle portate di un tester, quindi, assume grande importanza, tanta quanta ne ha la sua sensibilità, mentre le due caratteristiche insieme bastano a definire la qualità e la bontà di un tester.

Occorre a questo punto iniziare a descrivere l'impiego pratico del tester, che costituisce l'argomento di maggior interesse per i principianti e per il quale si deve necessariamente far riferimento ad un modello commerciale classico, come quello riprodotto in figura 2, che mette in evidenza le molte scale di misura presenti nel pannello frontale. Tuttavia, possiamo dire che i tester sono press'a poco concepiti tutti allo stesso modo e che ognuno di essi viene posto in commercio unitamente ad un libretto di istruzioni per un corretto impiego dello strumento nei vari tipi di misure.
L'aspetto esteriore del tester è di solito quello di un cofanetto, recante frontalmente un pannello sul quale è presente un quadrante, protetto da vetro o plexiglas, con diverse scale graduate. Un indice molto sottile scorre lungo il quadrante

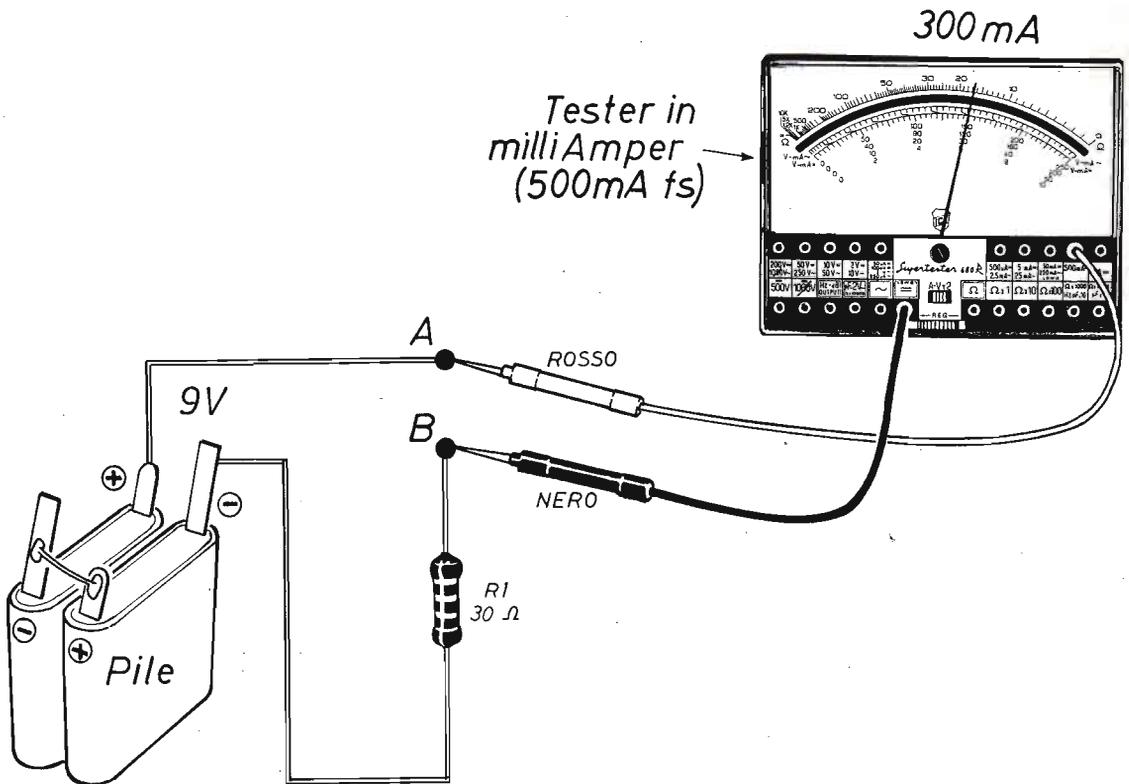



Fig. 4 - Quando il tester funge da milliamperometro, ovvero da strumento misuratore delle correnti elettriche, continue od alternate, i puntali debbono essere collegati in serie con il circuito che, nel punto di misura, viene interrotto (A - B) per applicare le due sonde.

quando si fa uso dello strumento e consente la lettura esatta delle grandezze elettriche in esame. Immediatamente sotto il quadrante è presente una vite regolabile, che serve per effettuare l'operazione di azzeramento dello strumento. E ciò significa che, qualora per una qualsiasi ragione l'indice, allo stato di riposo, non dovesse coincidere esattamente con lo zero iniziale delle varie scale del quadrante, basta imprimere a questa vite, mediante un piccolo cacciavite, una leggera rotazione, per ripristinarne la posizione. Ma questa operazione viene eseguita assai raramente, perché è difficile che essa si renda necessaria, almeno durante i primi tempi di impiego del tester. Sotto il quadrante è presente tutta una serie di piccole prese, contrassegnate con numeri e simboli e sulle quali vanno inseriti gli spinotti dei puntali-sonda.

MISURE DI TENSIONE

Supponendo di aver composto il circuito elettrico riportato sulla sinistra di figura 3, si misurino con il tester le tensioni presenti fra il punto D e i punti A - B - C.
Dovendosi rilevare dei valori di tensioni continue, lo spinotto nero deve essere innestato sulla boccola contrassegnata con il simbolo delle tensioni e correnti continue (=), mentre quello rosso va infilato nella presa che reca l'indicazione di un valore immediatamente superiore a quello presunto che si vuol misurare. Il quale, come appare nello schema di figura 3, è di 9 V, essendo determinato dal collegamento in serie di due pile piatte da 4,5 V ciascuna. Nel tester preso a modello, questa boccola porta le indicazioni di 10 V = e 50 V~. Ovvero, con lo spinotto rosso inseri-

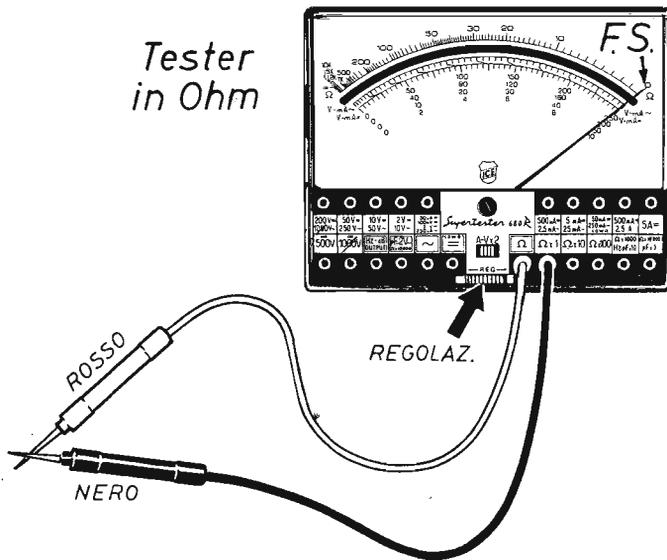



Fig. 5 - Ogni volta che il tester viene impiegato nella funzione di ohmmetro, occorre procedere con l'operazione di azzeramento, che consiste nel cortocircuitare i due puntali e nel ruotare la manopolina di regolazione, in modo che l'indice coincida esattamente con il fondo-scala, che corrisponde con la misura di zero ohm segnalata sulla scala dei valori ohmmici.

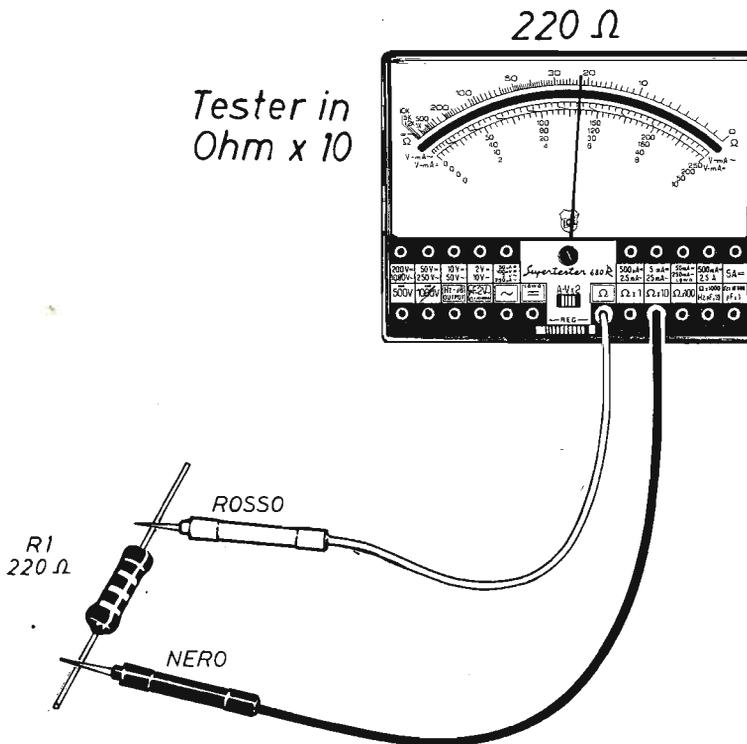



Fig. 6 - In questo schema si misura una resistenza da 220 ohm. L'indice del tester si è fermato sul valore di 20,2, che deve essere moltiplicato per dieci, in quanto lo spinotto negativo, nero, è inserito sulla boccola ohm x 10.

to in quella boccola, si possono effettuare misure di tensioni continue fino a 10 Vcc e di tensioni alternate fino a 50 Vcc.
Una volta inseriti nello strumento i due spinotti, si possono ora rilevare le tensioni nei punti circuitali ricordati, applicando il puntale rosso nei punti più prossimi al morsetto positivo della pila e quello nero nelle zone più vicine al morsetto negativo e si osserva la posizione raggiunta dall'indice. Poi, sulla corrispondente scala, quella il cui terminale a destra porta il numero 10, si legge agevolmente il valore di tensione segnalato che, nell'esempio di figura 3, è quello di 9 V, essendo il puntale rosso applicato al punto A e quello nero al punto D, in pratica sui due morsetti della batteria di pile.
Con il tester riportato in figura 2, qualora fosse stata impiegata una pila da 90 V, lo spinotto rosso doveva essere innestato sulla boccola che reca il valore di 200 V =.

Il rilevamento dei successivi valori di tensione, riportati nello schema di figura 3, si effettua mantenendo fermo il puntale nero sul punto D e spostando via via quello rosso dal punto A ai punti B e C. Tuttavia, per l'ultimo valore di tensione, quello di 1,8 V, lo spinotto nero può essere innestato sulla boccola con l'indicazione 2 V =, con lo scopo di ottenere una indicazione più precisa della tensione sotto misura.
Per le misure delle tensioni alternate, lo spinotto rosso utilizza ancora le stesse boccole delle tensioni continue, ovviamente tenendo conto dei numeri in queste riportati. Lo spinotto nero invece dovrà essere infilato nella boccola sovrastata dal simbolo caratteristico della tensione alternata. Ma in questo tipo di misure la lettura dei valori si effettua sulla scala contrassegnata con le sigle V - mA~, che di solito è riportata in color rosso, mentre quella in nero, relativa alle misure di tensioni e correnti continue, porta le indicazioni V - mA =.

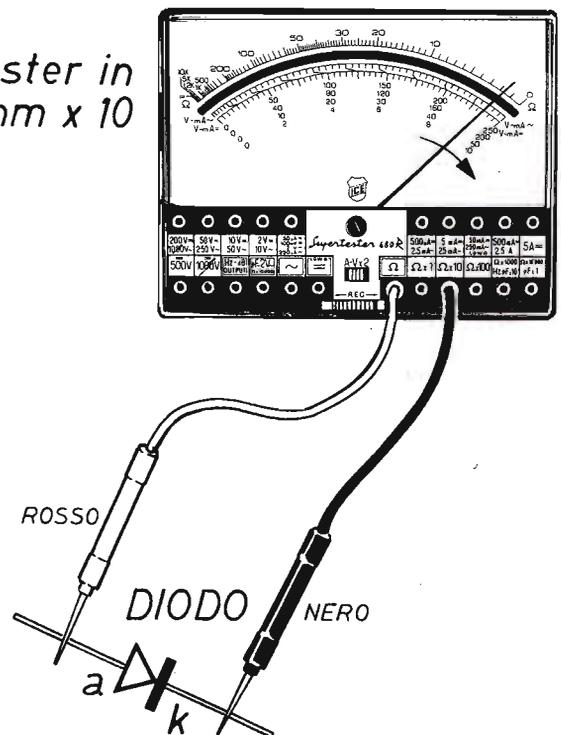



Fig. 7 - Il controllo dell'efficienza dei diodi si effettua con il tester commutato nella funzione ohmmetrica e sulla portata ohm x 10. I puntali debbono rispettare le polarità del semiconduttore, quello rosso va sull'anodo, il nero sul catodo.

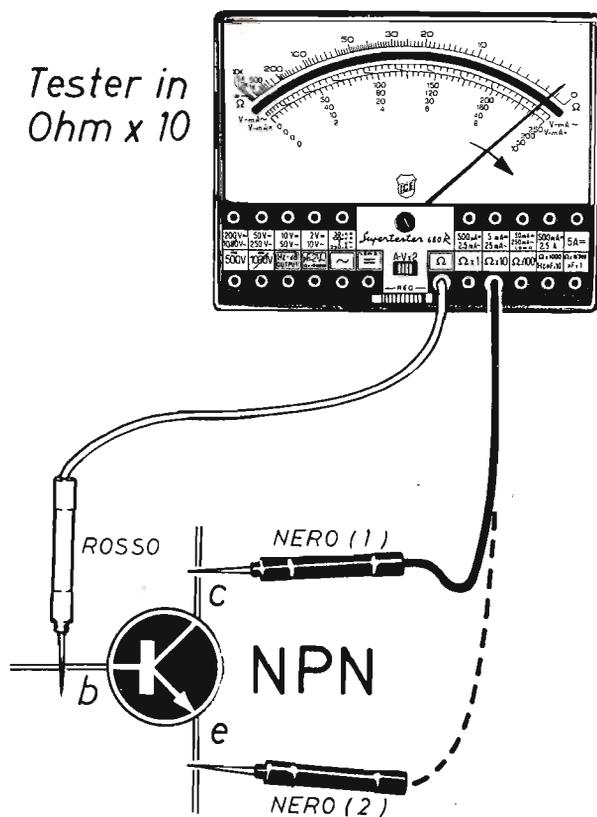



Fig. 8 - Per controllare lo stato di efficienza di un transistor di tipo NPN, il tester deve essere impiegato nella funzione ohmmetrica e sulla portata ohm x 10. Il puntale positivo, rosso, va applicato alla base, quello nero, negativo, va applicato dapprima al collettore e in un secondo tempo all'emittore. Se le condizioni del semiconduttore sono buone, l'ohmmetro deve segnalare un basso valore resistivo.

MISURE DI CORRENTI

Lo schema presentato in figura 4 suggerisce un esempio di misura di corrente continua, erogata da una batteria di pile piatte, che attraversa una resistenza da 30 ohm.
In questo caso, contrariamente a quanto avviene per le misure di tensioni continue od alternate, in cui il tester rimane collegato in parallelo, lo strumento deve essere applicato in serie. Ossia, per misurare una corrente, si deve interrompere il circuito ed applicare i puntali sui punti di interruzione, che nello schema di figura 4 sono indicati con le lettere A e B.
Lo spinotto nero va inserito sulla boccola con il contrassegno =, la stessa utilizzata per le misure precedentemente interpretate. Quello rosso deve essere innestato su una delle boccole contrassegnate con il valore di fondo-scala della corrente continua da misurare. Ma non conoscendo l'ordine di valori in gioco, è sempre consigliabile iniziare con la boccola segnalata dal numero più alto che, nell'esempio di figura 4, è quello di 5 A.
Applicando la legge di Ohm, la corrente I, che percorre la resistenza R da 30 ohm, con la tensione di alimentazione di 9 V, è di:

$$\mathbf{I = V : R}$$

$$\mathbf{9\ V : 30\ ohm = 0{,}3\ A = 300\ mA}$$

Dunque, nell'esempio di figura 4, lo spinotto rosso può essere innestato sulla boccola di 500 mA, che rappresenta il valore immediatamente più elevato rispetto a quello di 300 mA. Per quanto riguarda i puntali, questi debbono essere applicati con lo stesso principio con cui vengono impiegati nelle misure delle tensioni, ovvero, il puntale rosso va sul punto circuitale più vicino al morsetto positivo del generatore di corrente, quello ne-

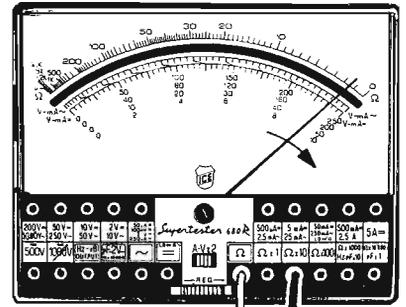
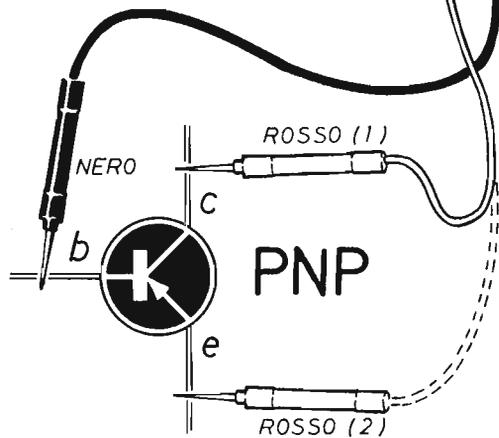



Fig. 9 - L'analisi rapida di un transistor di tipo PNP si svolge in modo analogo a quello segnalato per i modelli NPN, ovvero appoggiando il puntale negativo, nero, alla base e quello positivo, rosso, prima al collettore e poi all'emittore. In entrambe le prove, l'ohmmetro deve indicare una bassa resistenza.

ro va sul conduttore proveniente dal polo negativo della pila. Nessuna diversità fra i due puntali, invece, deve essere osservata durante la misura di correnti alternate. Il solo spinotto nero va inserito sulla boccola recante il contrassegno della corrente alternata, che è lo stesso di quello utilizzato per la tensione alternata.

IMPIEGO DELL'OHMMETRO

Tra le molteplici funzioni svolte dal tester vi è pure quella di ohmmetro, cioè di misura delle resistenze. Per la quale lo strumento fa uso di una pila, internamente incorporata che, di quando in quando deve essere sostituita con altra perfettamente carica.
La misura delle resistenze è semplice, ma tutte le volte che deve essere eseguita implica una rapida operazione di messa a punto del tester, che prende il nome di "azzeramento". Ma vediamo subito in che cosa consiste l'azzeramento dell'ohmmetro.
Se si osserva bene la figura 2, si nota, nella parte centrale più bassa, la presenza di una manopolina che reca la scritta REG. Ebbene, questo comando manuale, che non deve essere scambiato con quello della vite di regolazione della posizione dell'indice all'inizio-scala, serve appunto per l'azzeramento dell'indice dell'ohmmetro e soltanto per questo particolare tipo di intervento, che appare chiaramente illustrato in figura 5 e che consiste nel porre a contatto fra loro i due puntali rosso e nero e nel constatare se l'indice si posiziona esattamente sul fondo-scala; in caso contrario, agendo sulla manopolina di azzeramento, si riesce a raggiungere tale condizione, facendola ruotare in un senso o nell'altro, per successivi tentativi.
L'esempio di figura 5 interpreta l'operazione di

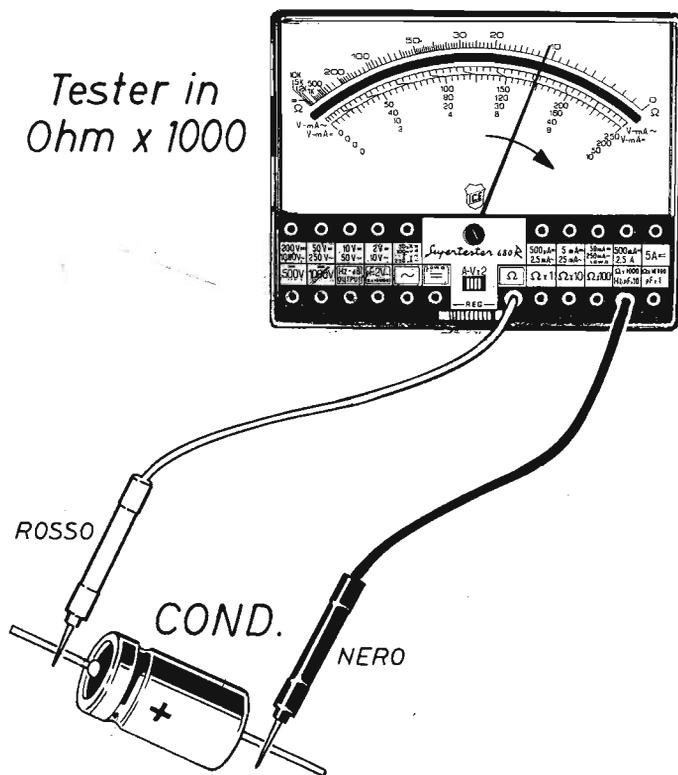



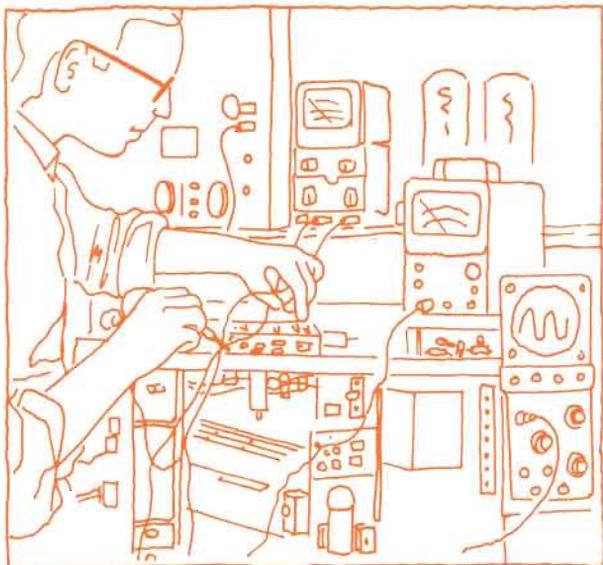
Fig. 10 - Con il tester si possono pure controllare i condensatori di valore capacitivo non inferiore ai 50.000 pF, sia di tipo a carta che elettrolitici. Lo strumento viene impiegato nella funzione ohmmetrica e sulla portata ohm x 1.000.

azzeramento sulla portata di Ω x 1 dello strumento, ma questa deve essere ripetuta ogni volta che si cambia portata, ovviamente spostando lo spinotto nero sulle successive boccole, mentre quello rosso rimane sempre inserito sulla boccola contrassegnata con Ω, che è quella collegata internamente con il morsetto positivo della pila. Le rimanenti boccole quelle relative alle varie portate, sono collegate con il morsetto negativo della pila.
La pratica delle misure ohmmetriche suggerisce di rispettare sempre l'ordine di inserimento degli spinotti rosso e nero nel modo citato. Sarà poi il tempo e l'esperienza a giustificare il perché di quanto ora affermato.
La lettura dei valori resistivi si effettua normalmente sulla scala riprodotta più in alto. Lo spinotto nero, non conoscendo l'entità delle grandezze poste sotto misura, va introdotto nella boccola corrispondente al moltiplicatore più alto, poi, per ottenere letture più precise, si scende verso quello inferiore. Nell'esempio di figura 6, si misura una resistenza da 220 ohm e lo spinotto nero è inserito nella boccola Ω x 10, il che significa che l'indicazione di 20,2, segnalata dall'indice, va moltiplicata per 10.
Naturalmente, i due puntali possono essere applicati in qualsiasi senso sui reofori del componente, nel quale non esistono precise polarità.
Nel caso di misure di resistenze collegate in circuiti di apparati elettronici, prima di applicare i puntali dello strumento sui terminali dei componenti, occorre sempre accertarsi che il circuito non sia alimentato, poi si deve dissaldare un terminale della resistenza, con lo scopo di renderla elettricamente indipendente dagli elementi circuitali, che potrebbero falsare la misura.

CONTROLLO DI DIODI E TRANSISTOR

Con il tester si possono pure effettuare controlli sullo stato di efficienza di diodi e transistor.
Per i diodi l'operazione si svolge nel modo interpretato in figura 7. Il puntale positivo, rosso, va messo in contatto con l'elettrodo di anodo del semiconduttore, quello negativo, nero, va applicato al catodo. Lo spinotto del primo è introdotto nella boccola contrassegnata con Ω, quello del secondo nella boccola Ω x 10.
Il risultato di questa prova deve identificarsi con una segnalazione dell'indice del tester, commutato nelle funzioni ohmmetriche, di bassa resistenza. Viceversa, invertendo il senso di applicazione dei due puntali sugli elettrodi del diodo, si deve leggere un elevato valore resistivo. Perché, nel primo caso, il semiconduttore rimane polarizzato direttamente e si comporta da buon conduttore della corrente promossa dalla pila contenuta nel tester, nel secondo caso il componente si manifesta come un cattivo conduttore di corrente ed oppone una grande resistenza al flusso di corrente.
Questo semplice e rapido controllo consente di stabilire se il diodo è efficiente. Perché se la resistenza misurata fosse elevata in entrambi i sensi di applicazione dei puntali, allora si deve arguire che il semiconduttore è internamente "aperto" e quindi inutilizzabile. Oppure, qualora le due misure denunciassero una minima resistenza, si deve concludere che il diodo si trova in cortocircuito.
Dalle prove ora descritte è facile dedurre che, mediante il tester commutato nella funzione di ohmmetro, è facile individuare la posizione dell'anodo e quella del catodo in quei diodi a semiconduttore nei quali non è più visibile l'anello-guida di riferimento della posizione dell'elettrodo di catodo.
Passiamo ora al controllo di un transistor di tipo NPN, eseguendo le operazioni illustrate in figura 8.
Il puntale positivo (rosso) va applicato all'elettrodo di base e quello negativo, in un primo tempo al collettore, in un secondo tempo all'emittore. Per meglio indicare le due prove, il puntale negativo, nero, è stato segnalato con NERO 1 e NERO 2.
Se il transistor è in buone condizioni, le due segnalazioni debbono essere di bassa resistenza, con il tester commutato in ohmmetro nella scala ohm x 10.
Per il transistor di tipo PNP, le prove vanno eseguite secondo quanto illustrato in figura 9, applicando il puntale negativo, nero, alla base e quello positivo, rosso, prima al collettore e poi all'emittore. In entrambi i controlli l'indice dell'ohmmetro deve segnalare un basso valore di resistenza, a testimonianza dell'efficienza del semiconduttore analizzato.
Anche per l'esame dei transistor di tipo PNP, lo spinotto nero, negativo, deve rimanere inserito nella boccola ohm x 10, come per il caso precedente di controllo dei transistor di tipo NPN.

CONTROLLO DEI CONDENSATORI

Con il tester è anche possibile controllare in qualche modo lo stato elettrico dei condensatori, purché lo si usi alla stessa maniera con la quale si conducono i controlli sui diodi e sui transistor.
Un condensatore di tipo a carta o a mica, di piccolo valore capacitivo, vale a dire fino a 50.000 pF, non può offrire alcuna indicazione utile, se non quella del cortocircuito (resistenza nulla) o della perdita nel dielettrico (valore resistivo costante). Per i condensatori di valore capacitivo superiore ai 50.000 pF, invece, l'ohmmetro esibisce un rapido guizzo dell'indice, che raggiunge una certa posizione, per scendere poi su un valore fisso.
Il fenomeno del guizzo deve attribuirsi al processo di carica del condensatore, che viene alimentato dalla pila contenuta nel tester e sta a significare che il componente analizzato è efficiente, purché la segnalazione resistiva non sia troppo elevata.
Per i condensatori elettrolitici, di valore capacitivo elevato, il controllo si effettua nel modo illustrato in figura 10. Ovvero, si collega il puntale positivo, rosso, con l'elettrodo positivo del condensatore e quello negativo, nero, con il terminale negativo del componente.
Al momento del contatto degli elettrodi con i due puntali del tester, l'indice dello strumento deve avviarsi rapidamente verso il fondo-scala, per poi ritornare lentamente indietro. Invertendo il senso di inserimento dei puntali sugli elettrodi del condensatore, l'indice deve raggiungere il fondo-scala per ritornare poi indietro dopo un certo tempo. Questo fenomeno è dovuto al consumo della carica precedentemente assorbita dalla pila del tester. Tuttavia, prima di sottoporre alla prova dell'ohmmetro il condensatore elettrolitico, bisogna sempre accertarsi che questo sia scarico completamente, cortocircuitando, più volte, i suoi terminali mediante un cacciavite.
Con il tester si possono eseguire moltissimi altri tipi di misure, ma queste, almeno in un primo tempo, non sono alla portata dei principianti, anche se nei libretti, che accompagnano il tester all'atto dell'acquisto, risultano ampiamente descritte.

Posto operativo

Banco di lavoro

Sistemazione strumentale

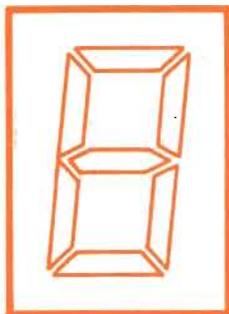
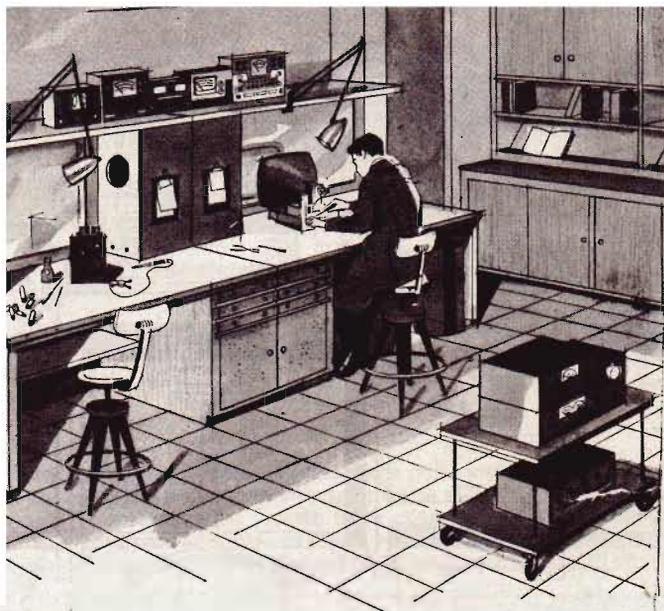
Circuito elettrico a 220 V

Le cassettiere

Ordinamento dei materiali

Strumenti utili

LABORATORIO DEL PRINCIPIANTE

All'inizio della propria attività, il principiante può limitare il posto operativo ad un angolo della casa, collocando in questo un tavolino con una lampada ed una sedia. Ma coll'andar del tempo, quando l'esperienza ha conosciuto un certo sviluppo, quelle poche cose non bastano più ed il laboratorio dilettantistico deve arricchirsi con un buon numero di utensili, strumenti, attrezzature, da riporre su un banco di lavoro razionalmente concepito e di oppurtune dimensioni. Tuttavia, anche l'allestimento del laboratorio non può essere affidato al caso, ma va compiuto secondo regole precise, che in questa sede ci proponiamo di elencare, con lo scopo di garantire all'operatore la massima speditezza di manovra e la miglior concentrazione sull'opera in corso di svolgimento. Cominceremo quindi col proporre un modello di tavolo, un esempio di ripiano, con vano

Il laboratorio del principiante elettronico, semplice ma funzionale, deve contenere tutti gli elementi indispensabili ad agevolare ogni tipo di operazione tecnica, dalla saldatura al controllo delle tensioni, dalla misura delle correnti all'esame dei segnali che percorrono i circuiti di apparati in costruzione o in riparazione.

adatto per la sistemazione dei più importanti strumenti di misurta e controllo, il circuito elettrico, con le varie prese di corrente, il corredo di attrezzi e componenti elettronici e, infine, la strumentazione di maggior interesse pratico per l'esercizio della sperimentazione elettronica.

BANCO DI LAVORO

Senza sottoporsi a grosse spese di falegnameria e non volendo contattare alcun mobilificio specializzato, il principiante può facilmente trasformare una vecchia scrivania dotata di un certo numero di cassetti, in un ottimo banco per esercitazioni elettroniche, come quello riportato in figura 1, nel quale è stato aggiunto un ripiano di legno, ma che può essere di qualsiasi altro materiale isolante. In pratica si tratta di una normale mensola, sopra la quale si pongono le cassettiere contenenti attrezzi e componenti, mentre sotto vengono sistemati i vari strumenti.
A destra e a sinistra della mensola sono applicate due piastre con le prese di corrente (particolari 3 - 7 di figura 1). Su quella di sinistra sono presenti tre prese della tensione di rete, su quella a destra, unitamente ad altre tre prese di corrente, appaiono inseriti l'interruttore generale del circuito elettrico del banco, il fusibile di protezione e una lampada-spia al neon.
Lo sgabello girevole, ad altezza regolabile, costituisce il modello più adatto per questo tipo di attività. L'illuminazione più consigliabile è invece quella ottenuta mediante una lampada con braccio flessibile e snodabile, fissata alla mensola tramite morsetto.
Le cassettiere, nella quale vengono conservati molti elementi, comprendenti piccoli utensili e componenti elettronici vari, potranno essere di qualsiasi tipo, ma quelle di plastica sono da preferirsi in ogni caso, perché sono le più economiche e le più facilmente reperibili sul mercato, dove se ne trovano di tutte le forme e grandezze, soprattutto nei prodotti componibili.
Servendosi di cassettiere di plastica, essendo queste molto leggere, occorrerà provvedere in qualche modo al loro fissaggio sulla parete frontale, oppure direttamente sulla mensola, onde scongiurare il pericolo che queste possano cadere sul banco, quando si aprono troppo frettolosamente e con eccesso di energia i vari cassetti.

COLLOCAMENTO DEGLI STRUMENTI

Lo schema riportato in figura 2 interpreta, con dovizia di particolari, la composizione strumentale ed elettrica nel vano formato dalla parte sottostante la mensola di legno. Vi si notano, infatti, quali strumenti di maggior rilievo per il principiante, il tester, denominato pure strumento od

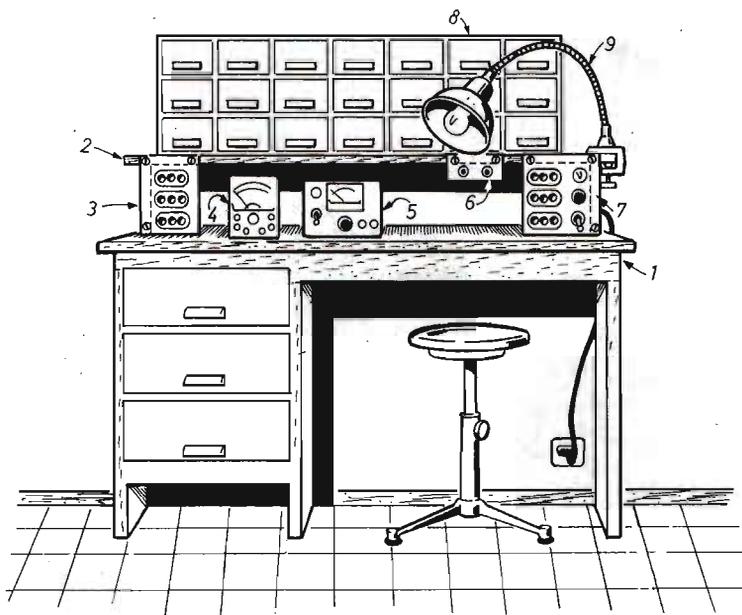



Fig. 1 - Una vecchia scrivania fuori uso può facilmente adattarsi alle funzioni di banco di lavoro per il principiante di elettronica (part. 1); una mensola di legno (part. 2), due piastre munite di prese di corrente (part. 3 - 7), uno strumento di misura (part. 4), un alimentatore (part. 5), una piastrina con prese di antenna-terra (part. 6), una capiente cassettiera (part. 8) ed una lampada flessibile (part. 9) completano il semplice laboratorio dilettantistico.

analizzatore universale e l'alimentatore variabile stabilizzato, che può erogare tutte le tensioni continue necessarie durante la sperimentazione.
Immediatamente accanto alla piastra di alluminio di destra, si nota la presenza di una piastrina sulla quale sono apposte le lettere T - A, che stanno ad indicare le due prese di Terra e di Antenna.
Il conduttore di terra (FILO DI TERRA) è disegnato, in parte, a linee intere e, in parte, a linee tratteggiate, a seconda che questo scorre su posizioni esterne, oppure dietro i vari elementi del banco. Ad esso vengono connessi i contenitori metallici degli strumenti. Ma anche le due piastre di alluminio, sulle quali sono inserite le prese di corrente, debbono rimanere in contatto elettrico con questo filo che, lungo la mensola, è nudo, allo scopo di favorire rapide e provvisorie saldature a stagno, che possono rivelarsi necessarie durante l'esercizio pratico.
Il conduttore di terra unisce tra loro i pannelli di alluminio e va a collegarsi ad una conduttura dell'acqua, del termosifone o, più semplicemente, ad un qualsiasi rubinetto. Tale accorgimento preserva gli strumenti di controllo e gli apparati in costruzione da pericolosi potenziali elettrici.

CIRCUITO ELETTRICO

Le sei prese di corrente, inserite nei due pannelli laterali applicati alla mensola, sono collegate alla presa generale tramite il circuito elettrico illustrato in figura 3. Nella quale si nota come la PRESA SALDATORE sia protetta, nel conduttore centrale di terra, da una resistenza R da 2.200 ohm - 1 W, che evita il danneggiamento di parti, sottoposte dal processo di saldatura, in presenza di eventuali e pericolosi cortocircuiti (figura 4).
L'interruttore generale IG consente di applicare la tensione a tutto il banco di lavoro ed è di tipo

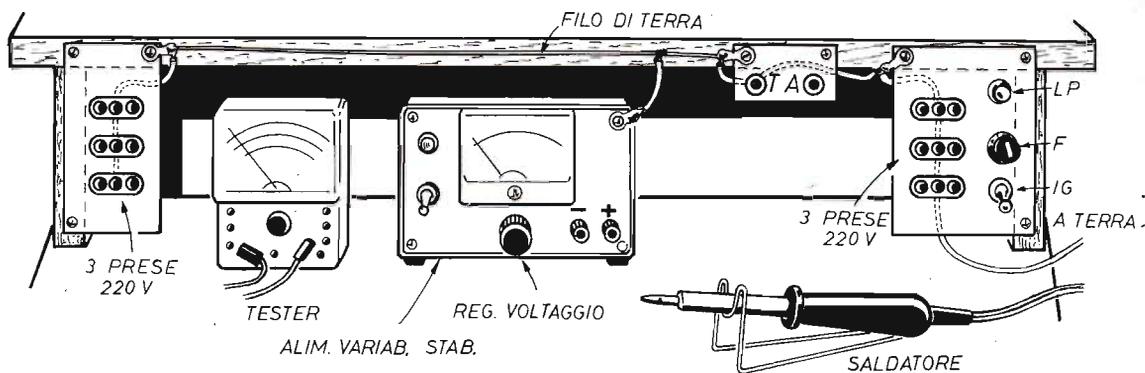



Fig. 2 - Il vano strumenti è rappresentato dalla parte sottostante la mensola di legno, sulle cui estremità sono applicate due piastre di alluminio con le diverse prese di corrente opportunamente isolate dalle superfici metalliche. Lungo tutta la parte anteriore della mensola corre il filo di terra di rame nudo, sul quale si effettuano collegamenti provvisori e fissi di massa di apparati, strumenti ed utensili.

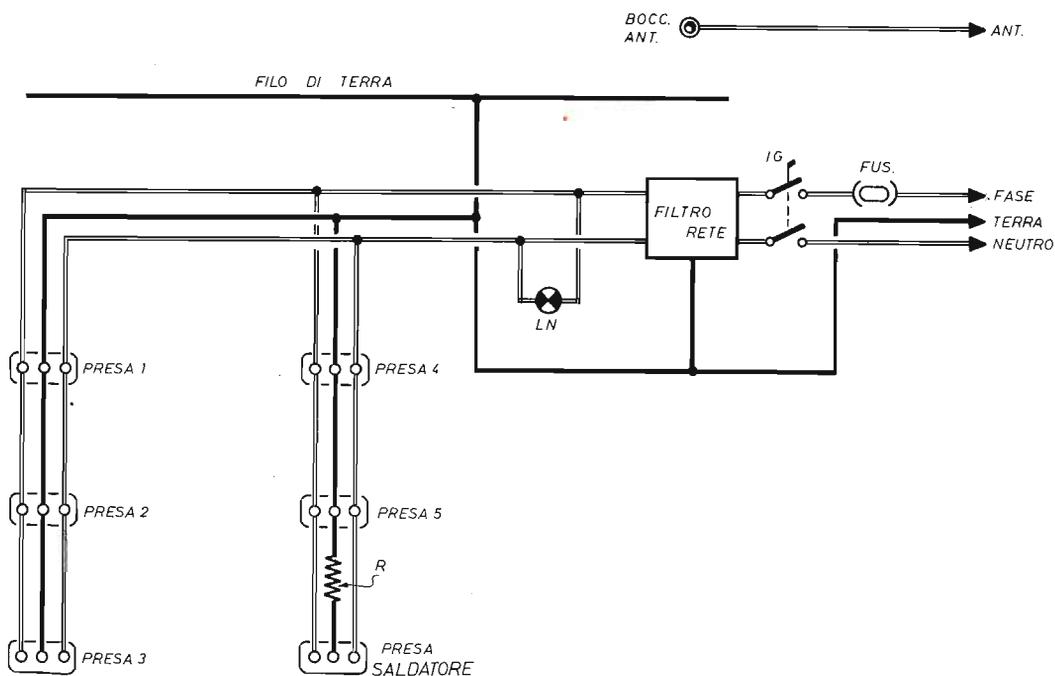



Fig. 3 - Schema elettrico dell'impianto da realizzare sul banco di lavoro. In serie con la boccola centrale di massa della presa di corrente per il saldatore, è presente una resistenza R di protezione da 2.200 ohm - 1 W. La lampada al neon LN è di tipo con resistenza incorporata. L'interruttore generale IG è di tipo doppio mentre il fusibile è un modello rapido da 2 ÷ 3 A. Il filtro di rete si acquista direttamente presso i rivenditori di materiali elettronici.

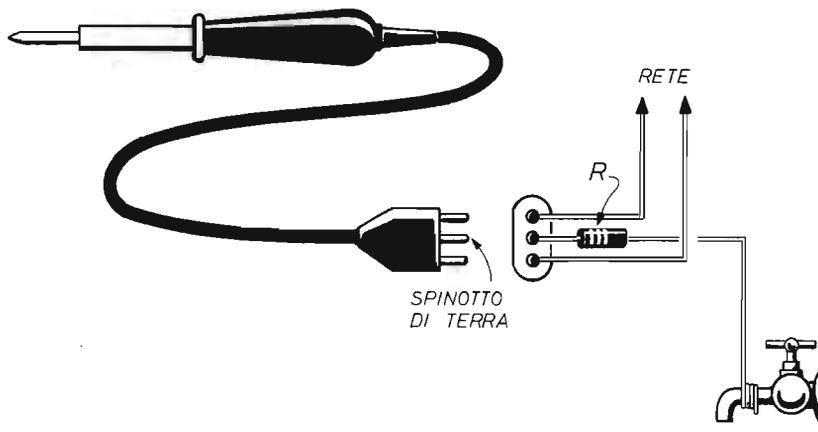



Fig. 4 - La boccola centrale della presa di corrente del saldatore, in serie alla quale è collegata la resistenza da 2.200 ohm - 1 W, è connessa con un rubinetto dell'acqua.

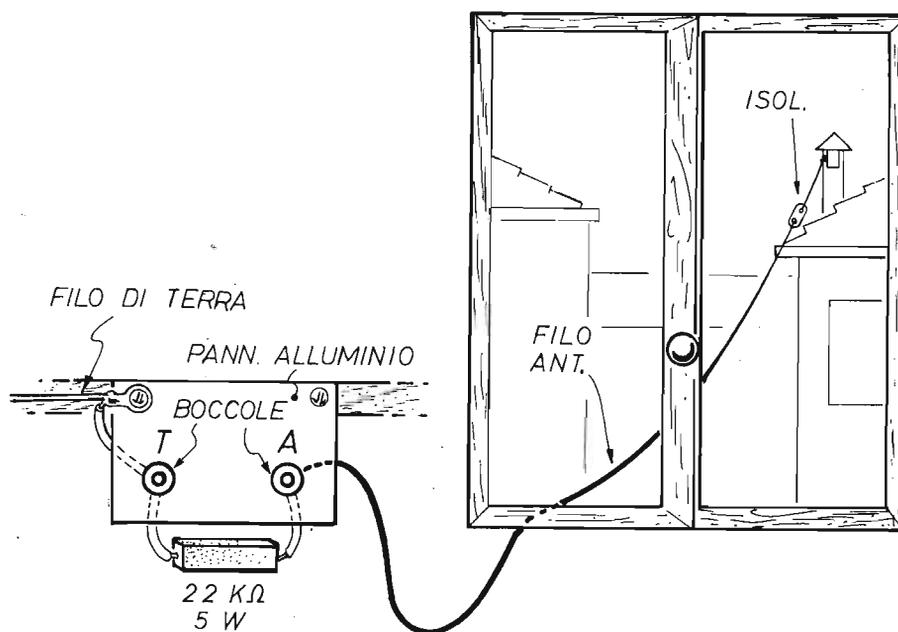
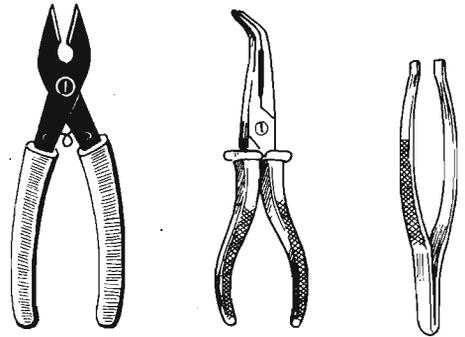



Fig. 5 - Fra le due boccole di terra T ed antenna A, è applicata una resistenza di elevata potenza di dissipazione, assolutamente necessaria quando l'antenna è un modello esterno di una certa lunghezza.

Fig. 6 - Gli utensili di maggior importanza pratica, da conservare nei cassetti del banco di lavoro, sono: la cesoia, la pinza a punte ripiegate ed il pinzetto d'acciaio.

doppio. Il suo stato di chiusura elettrica rimane visualizzato dalla lampada-spia al neon LN. Pertanto, quando LN è spenta, IG è aperto, oppure è in atto un'interruzione nella rete di distribuzione dell'energia elettrica. Ovviamente, a lavoro elettronico ultimato o momentaneamente sospeso, è buona norma spegnere sempre il circuito, per essere certi che nessun elemento rimanga alimentato.

Il fusibile FUS., collegato in serie con una delle due fasi della tensione di rete, più precisamente con quella attiva, deve essere di tipo "rapido", ovvero a fusione istantanea in occasione di possibili cortocircuiti sull'impianto elettrico del banco. La potenza preferibile per questo componente è di 3 A.

In un secondo tempo, quando il principiante avrà acquisito una maggiore esperienza nel settore delle pratiche applicazioni, converrà inserire, tra l'interruttore generale IG ed il FILTRO RETE, un voltmetro per tensioni alternate, con lo scopo di visualizzare costantemente il reale ed attuale valore della tensione di rete.

Il circuito elettrico, sul banco di lavoro, si completa con i collegamenti alle boccole di terra T e antenna A, come indicato in figura 5.

Se l'antenna è di tipo esterno e, soprattutto, se questa è abbastanza lunga, occorre inserire una

Fig. 7 - L'iniettore di segnali è uno strumento di piccole dimensioni, dotato di una punta metallica e di un collegamento di massa. Internamente contiene, assieme al circuito generatore di frequenza di ogni tipo, la pila di alimentazione.

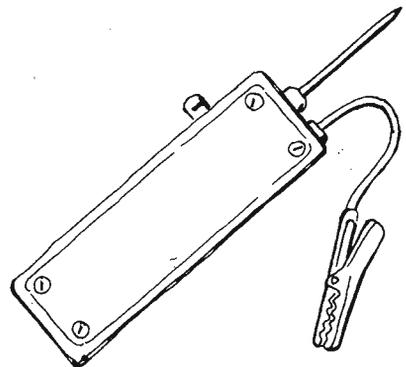
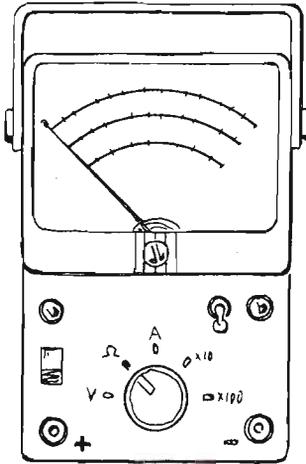



Fig. 8 - Esempio di modello di voltmetro elettronico con lettura ad indice.

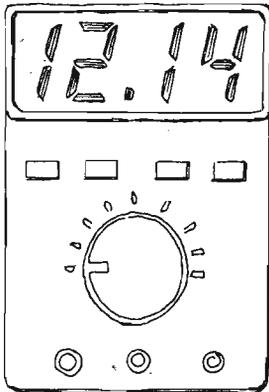



Fig. 9 - Nel tester di tipo digitale la lettura dei valori elettrici si effettua attraverso numeri luminosi.

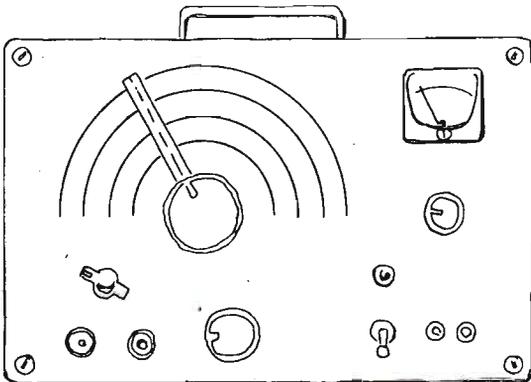
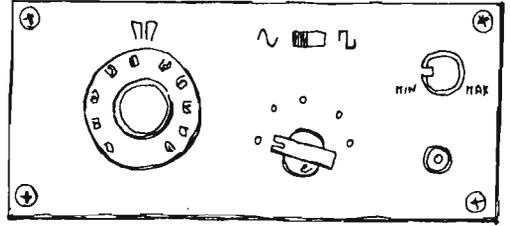



Fig. 10 - Il generatore di segnali di alta frequenza è uno strumento che rivela la sua utilità soltanto quando il dilettante ha acquisito esperienza ed approfondito la materia.

Fig. 11 - La disponibilità di un generatore di segnali di bassa frequenza diviene necessaria in occasione di interventi tecnici su apparecchiature audio, amplificatori, riproduttori, trasduttori acustici.

resistenza di protezione fra le due boccole, come illustrato nello schema di figura 5. La resistenza ha il valore di 22.000 ohm - 5 W e difende le apparecchiature elettroniche dagli eventuali danni provocati dalle cariche elettrostatiche, la cui formazione è più accentuata sulle antenne durante le giornate asciutte o ventose e, certamente, quando sono in atto manifestazioni temporalesche.

RACCOLTA DI MATERIALI

Sui cassetti del banco di lavoro e in quelli della cassettiera collocata sopra la mensola, il principiante deve immagazzinare una discreta quantità di utensili e componenti.
Gli utensili di maggior importanza pratica sono quelli riprodotti in figura 6, cioè il pinzettino d'acciaio, la pinza a punte ripiegate e manici isolati e la cesoia. Occorrono inoltre alcuni cacciaviti a lama e a croce, ma servono pure gli speciali cacciaviti di ambra, o di altro materiale isolante, per taluni interventi di taratura sui circuiti interessati da tensioni e correnti ad alta frequenza.
Conviene anche riporre nei diversi cassetti una certa quantità di viti e dadi di ogni tipo e misura, terminali metallici, capicorda, matassine di filo conduttore di vario diametro e filo-stagno di primissima qualità.
Nella cassettiera si conserveranno invece quasi tutti i componenti di uso più comune: resistori, condensatori, transistor, diodi, integrati ed altro ancora. Per esempio alcune pile con le tensioni più comuni che, in commercio, assumono le denominazioni di "torcia", "mezza torcia", "stilo", "torcetta", "minimicro", "piatta" e "transistor" e che, nel medesimo ordine con cui sono state citate, erogano le tensioni continue di 1,5V, 1,5V

Fig. 12 - L'oscilloscopio è uno strumento che visualizza tutti i fenomeni elettrici, ma è molto costoso e non si addice al dilettante di elettronica, almeno per i primi tempi di studio e attività pratica.

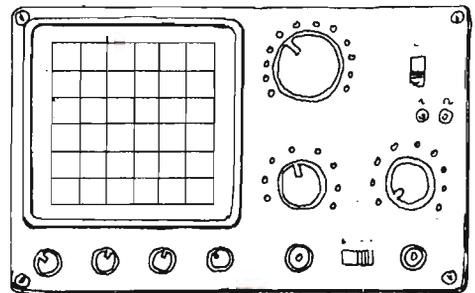
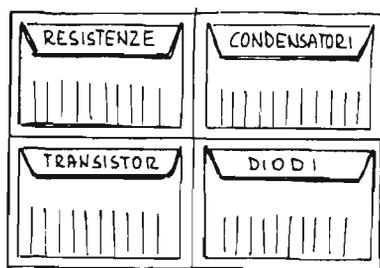



Fig. 13 - Sulle piccole cassettiere, con lo scopo di snellire il lavoro sperimentale, il principiante deve apporre le scritte relative agli elementi contenuti.

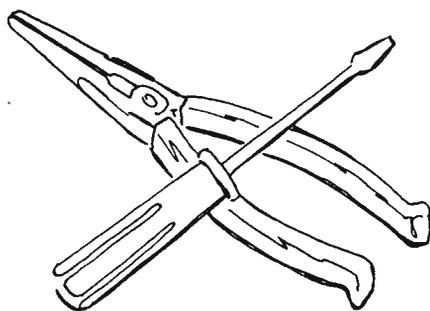



Fig. 14 - Gli utensili debbono abbondare sul banco di lavoro, perché a volte sono necessari quelli di piccole dimensioni, altre volte quelli più robusti per interventi su lamiere e telai.

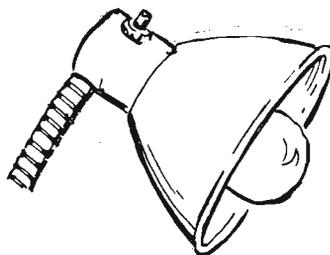



Fig. 15 - Una sola lampada snodabile sul banco di lavoro può essere talvolta insufficiente. Meglio quindi equipaggiare il laboratorio con un maggior numero di sorgenti luminose, i cui fasci di luce possano essere facilmente convogliati sul punto circuitale dove si opera.

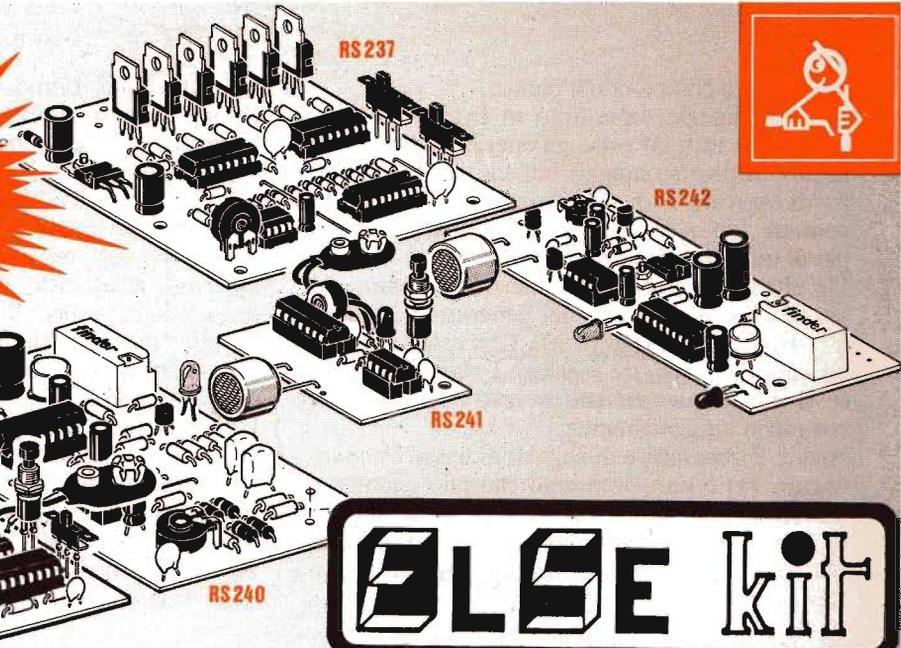
1,5V, 3V, 1,5V, 4,5V, 0V.
Per quanto concerne i condensatori, questi dovranno essere presenti nei modelli di maggior uso e consumo: ceramici, a mica, in polistirolo, a carta ed elettrolitici.

STRUMENTAZIONE

Quello fin qui descritto costituisce l'allestimento più elementare di un laboratorio di elettronica dilettantistico. Il quale, in tempi successivi, verrà arricchito con un certo numero di strumenti ed altri elementi di conforto pratico, come è detto qui di seguito.
Uno strumento di grande utilità e poco costoso è rappresentato dall'iniettore di segnali, riprodotto in figura 7, che consente di introdurre un segnale in un circuito per controllarne la continuità elettrica di funzionamento e che viene utilizzato, soprattutto, nel settore delle riparazioni. Il suo impiego è semplicissimo; dopo aver premuto un pulsante, si pone il puntale dello strumento in contatto con un componente od un conduttore di un apparato con uscita in altoparlante e, attraverso questo trasduttore acustico, si ascolta il segnale generato. La pinzetta a bocca di coccodrillo si applica alla linea di massa del circuito posto in osservazione.
Anche il voltmetro elettronico (figura 8) è uno strumento per controlli e misure di rilevante importanza. Naturalmente ci si riferisce al modello ad indice, detto anche "analogico", che offre tutte le indicazioni rilevabili nel comune tester ad indice, ma con una maggiore precisione, essendo equipaggiato in modo tale da presentare una elevata resistenza d'ingresso. Attualmente, tuttavia, questo voltmetro è caduto in disuso, essendo sta-

to sostituito con i modelli digitali.
Il tester digitale, riprodotto in figura 9, è il più attuale fra tutti ed offre all'operatore i dati delle misure attraverso numeri ben visibili. Il suo prezzo di mercato è di poco superiore a quello del comune tester analogico, ma presenta il vantaggio di un'alta resistenza in entrata.
Un altro strumento assai utile nel laboratorio dilettantistico è costituito dal generatore di segnali a radiofrequenza (figura 10). Con esso si possono agevolmente riparare e tarare i ricevitori radio e lo si può acquistare nei mercati surplus oppure costruirlo artigianalmente.
Anche il generatore di segnali di bassa frequenza (figura 11) è uno strumento che può completare il corredo del laboratorio, dato che svolge le stesse funzioni di quello riportato in figura 10, ma nel solo ed esclusivo settore dei segnali di bassa frequenza.
L'oscilloscopio, riprodotto in figura 12 è lo strumento che visualizza tutti i fenomeni elettrici. Purtroppo è relativamente costoso e poco consigliabile per l'attività del principiante, dato che il suo impiego richiede una certa preparazione tecnica, che può essere acquisita soltanto col tempo e lo studio della materia. In ogni caso, coloro che vorranno acquistarlo, dovranno rivolgere le preferenze verso i modelli in grado di funzionare fino alla frequenza di 10 MHz in corrente continua, non importa se di tipo monotraccia o a doppia traccia.
Ultimata qui la rassegna dei principali strumenti di misura e controllo, che possono completare l'allestimento del laboratorio, si può ora ricordare che, tra gli elementi che possono agevolare il lavoro del dilettante, meritano particolare attenzione le cassettiere (figura 13), gli utensili (figura 14) e le lampade di illuminazione (figura 15).

ELETTRONICA SESTRESE s.r.l.
VIA L. CALDA, 33/2 - 16153 SESTRI P. (GE)
TEL. (010) 603679 - TELEFAX (010) 602262

KITS ELETTRONICI

RS 237 EFFETTI LUMINOSI SEQUENZIALI PER AUTO (12 - 24 Vcc)

È un dispositivo che commuta una successione di sei lampade la cui velocità può essere regolata. Tramite due deviatori si possono ottenere quattro effetti luminosi diversi: 1) **Punto luminoso che avanza - 2) Punto luminoso che avanza e torna indietro (rimbalzo) - 3) Punto spento (in campo luminoso) che avanza - 4) Punto spento (in campo luminoso) che avanza e torna indietro (rimbalzo).** Può essere installato su auto o autocarri grazie alla tensione di alimentazione che può essere indifferentemente di 12 o 24 Vcc. Il carico massimo (lampada) per ogni uscita non deve superare i 24 W se alimentato a 12 V e, 48 W se alimentato a 24 V. Mettendo le lampade allineate e predisponendo il dispositivo per il funzionamento N° 2 si otterrà l'effetto luminoso della famosissima SUPERCAR. Può anche essere utilizzato per luci Natalizie o richiami pubblicitari quando non si dispone della tensione di rete o si desidera NON utilizzarla perchè pericolosa (specialmente in presenza di bambini).

L. 46.000

RS 238 AVVISATORE DI CHIAMATA TELEFONICA

Collegato alla linea telefonica, ogni volta che è in arrivo una chiamata (telefono che squilla) un apposito relè si eccita. È un dispositivo di grande utilità quando si vuole aggiungere alla suoneria del telefono un avvisatore acustico di maggior potenza o addirittura un avvisatore ottico. Può essere installato anche in ambiente diverso da dove è ubicato il telefono. È molto indicato per risolvere i problemi dei deboli di udito o di coloro che hanno il telefono ad una certa distanza dal luogo dove normalmente operano. L'uscita è rappresentata dai contatti di un relè il cui carico massimo è di 2 A. La tensione di alimentazione può essere compresa tra 9 e 12 Vcc. Il dispositivo consuma soltanto in presenza di chiamate (50 mA) e pertanto può anche essere alimentato con una normale batteria da 9 V alcalina per radioline. Il KIT è completo di micro relè. Il tutto può essere racchiuso nel contenitore plastico LP 461.

L. 23.000

RS 239 AVVISATORE ACUSTICO – CAMPANELLO PER BICI

È un dispositivo che può essere usato in svariati modi: come avvisatore acustico per impieghi generali, campanello elettronico per bicicletta, avvisatore acustico telefonico (abbinato al KIT RS 238), ecc. È dotato di un deviatore in modo da poter selezionare due tipi di suoni diversi: trillo (tipo campanello) o suono bitonale. Il dispositivo entra in funzione premendo un pulsante e il suono viene irradiato da un apposito trasduttore piezoelettrico (fornito nel KIT). La tensione di alimentazione può essere compresa tra 9 e 12 Vcc. Dato il basso consumo (circa 5 mA) può essere usata una normale batteria da 9 V per radioline.

L. 21.000

RS 240 AUTOMATISMO PER REGISTRAZIONI TELEFONICHE

Collegato alla linea telefonica fa si che un registratore entri in funzione ogni volta che viene sollevata la cornetta del telefono, registrando così l'intera conversazione. L'evento viene segnalato da un LED lampeggiante. La sua installazione è di estrema facilità e in caso di guasti alla linea il registratore non viene attivato. Il suo funzionamento è corretto anche in presenza di linee in DUPLEX. Il dispositivo deve essere alimentato con una tensione compresa tra 9 e 15 Vcc. L'assorbimento è di soli 20 mA a riposo e 70 mA con relè attivato. Molto adatto a racchiudere il dispositivo ed eventuale alimentatore o batteria è il contenitore LP 012.

L. 40.000

RS 241 TRASMETTITORE PER INTERRUTTORE A ULTRASUONI

È un trasmettitore a ultrasuoni del tipo FLASH MODE. Premendo l'apposito pulsante il segnale ultrasonico trasmesso (40 KHz) ha una durata programmata inferiore a un secondo. Usato con il ricevitore RS 242 ha una portata di circa 10 metri. Orientandolo verso il ricevitore e premendo il pulsante, il relè del ricevitore si eccita e rimane in tale stato fino a che non si preme nuovamente il pulsante. In tale modo, i contatti del relè del ricevitore vengono usati come un vero e proprio interruttore comandato a distanza. Può essere usato per comandare l'accensione di televisori, luci, proiettori, ecc. Per il suo funzionamento è sufficiente una batteria da 9 V per radioline. È stato dimensionato (33 × 50 mm) per essere racchiuso nel contenitore LP 461 che è provvisto di vano batteria.

L. 26.000

RS 242 RICEVITORE PER INTERRUTTORE A ULTRASUONI

È un dispositivo sensibile agli ultrasuoni con frequenza di 40 KHz che, ricevuti da un apposito trasduttore ed elaborati, agiscono su di un relè eccitandolo. Quando gli ultrasuoni cessano il relè resta eccitato. Per diseccitarlo occorre investire nuovamente il trasduttore da ultrasuoni, funzionando così da vero e proprio interruttore. I contatti del relè possono sopportare una corrente massima di 2 A. Grazie al particolare circuito di stabilizzazione, la tensione di alimentazione può essere compresa tra 12 e 24 Vcc. L'assorbimento è di soli 15 mA a riposo e 70 mA con relè eccitato. Il trasmettitore RS 241 è molto adatto per azionare a distanza questo dispositivo. È comunque idoneo anche il modello RS 168. Con entrambi i trasmettitori la portata è di circa 10 metri. L'RS 242 ed eventuale alimentatore o batteria possono essere racchiusi nel contenitore LP 012.

L. 45.000

NOVITA' PRECEDENTI

RS 226	MICROFONO AMPLIFICATO – TRUCCAVOCE	L. 31.000
RS 227	INVERTER PER TUBI FLUORESCENTI 6–8 W PER AUTO	L. 29.000
RS 228	AMPLIFICATORE STEREO 2+2 W	L. 26.000
RS 229	MICROSPIA FM	L. 16.000
RS 230	RIVELATORE PROFESSIONALE DI GAS	L. 78.000
RS 231	PROVA COLLEGAMENTI ELETTRONICO	L. 22.000
RS 232	CHIAVE ELETTRONICA PLL CON ALLARME	L. 49.000
RS 233	LUCI PSICORITMICHE – LIGHT DRUM	L. 46.000
RS 234	ALIMENTATORE STABILIZZATO 24 V 3 A	L. 24.000
RS 235	MICRO RICEVITORE O.M. – SINTONIA VARICAP	L. 31.000
RS 236	VARIATORE DI VELOCITÀ PER TRAPANI – 5 KW (5000 W)	L. 49.500

scatole di montaggio elettroniche

classificazione articoli ELSE kit per categoria

EFFETTI LUMINOSI

Codice	Articolo	Prezzo
RS 1	Luci psichedeliche 2 vie 750W/canale	L. 41.000
RS 10	Luci psichedeliche 3 vie 1500W/canale	L. 53.000
RS 48	Luci rotanti sequenziali 10 vie 800W/canale	L. 47.000
RS 58	Strobo intermittenza regolabile	L. 18.000
RS 113	Semaforo elettronico	L. 37.500
RS 114	Luci sequenz. elastiche 6 vie 400W/canale	L. 43.000
RS 117	Luci stroboscopiche	L. 49.000
RS 135	Luci psichedeliche 3 vie 1000W	L. 41.000
RS 172	Luci psichedeliche microfoniche 1000 W	L. 49.500
RS 233	Luci psicoritmiche - Light Drum	L. 46.000

APP. RICEVENTI-TRASMITTENTI E ACCESSORI

Codice	Articolo	Prezzo
RS 16	Ricevitore AM didattico	L. 15.000
RS 40	Microricevitore FM	L. 16.500
RS 52	Prova quarzi	L. 14.500
RS 68	Trasmettitore FM 2W	L. 26.500
RS 112	Mini ricevitore AM supereterodina	L. 26.500
RS 119	Radiomicrofono FM	L. 17.000
RS 120	Amplificatore Banda 4 - 5 UHF	L. 16.000
RS 130	Microtrasmettitore A. M.	L. 19.500
RS 139	Mini ricevitore FM supereterodina	L. 27.000
RS 160	Preamplificatore d'antenna universale	L. 12.000
RS 161	Trasmettitore FM 90 - 150 MHz 0,5 W	L. 23.000
RS 178	Vox per apparati Rice Trasmittenti	L. 30.500
RS 180	Ricevitore per Radiocomando a DUE canali	L. 59.500
RS 181	Trasmettitore per Radiocomando a DUE canali	L. 32.000
RS 183	Trasmettitore di BIP BIP	L. 20.000
RS 184	Trasmettitore Audio TV	L. 14.000
RS 188	Ricevitore a reazione per Onde Medie	L. 27.000
RS 205	Mini Stazione Trasmittente F.M.	L. 50.000
RS 212	Super Microtrasmettitore F.M.	L. 28.500
RS 218	Microtrasmettitore F.M. ad alta efficienza	L. 24.000
RS 219	Amplificatore di potenza per microtrasmettitore	L. 21.000
RS 229	Microspia FM	L. 16.000
RS 235	Micro Ricevitore O.M. - Sintonia Varicap	L. 31.000

EFFETTI SONORI

Codice	Articolo	Prezzo
RS 18	Sirena elettronica 30W	L. 29.000
RS 80	Generatore di note musicali programmabile	L. 34.500
RS 99	Campana elettronica	L. 25.000
RS 100	Sirena elettronica bitonale	L. 23.500
RS 101	Sirena italiana	L. 18.000
RS 143	Cinguettio elettronico	L. 20.500
RS 158	Tremolo elettronico	L. 25.500
RS 187	Distorsore FUZZ per chitarra	L. 25.000
RS 207	Sirena Americana	L. 15.000
RS 226	Microfono amplificato - Truccavoce	L. 31.000

APP. BF AMPLIFICATORI E ACCESSORI

Codice	Articolo	Prezzo
RS 8	Filtro cross-over 3 vie 50W	L. 32.000
RS 15	Amplificatore BF 2W	L. 14.000
RS 19	Mixer BF 4 ingressi	L. 32.000
RS 26	Amplificatore BF 10W	L. 17.000
RS 27	Preamplificatore con ingresso bassa impedenza	L. 13.000
RS 36	Amplificatore BF 40W	L. 30.000
RS 38	Indicatore livello uscita a 16 LED	L. 34.500
RS 39	Amplificatore stereo 10+10W	L. 34.500
RS 45	Metronomo elettronico	L. 12.000
RS 51	Preamplificatore HI-FI	L. 30.000
RS 55	Preamplificatore stereo equalizzato R.I.A.A.	L. 23.000
RS 61	Vu-meter a 8 LED	L. 30.000
RS 72	Booster per autoradio 20W	L. 25.000
RS 73	Booster stereo per autoradio 20+20W	L. 45.000
RS 105	Protezione elettronica per casse acustiche	L. 32.000
RS 108	Amplificatore BF 5W	L. 15.000
RS 115	Equalizzatore parametrico	L. 29.000
RS 124	Amplificatore B.F. 20W 2 vie	L. 31.000
RS 127	Mixer Stereo 4 ingressi	L. 46.000
RS 133	Preamplificatore per chitarra	L. 11.000
RS 140	Amplificatore BF 1 W	L. 13.500
RS 145	Modulo per indicatore di livello audio Gigante	L. 52.000
RS 153	Effetto presenza stereo	L. 30.000
RS 163	Interfono 2 W	L. 28.500
RS 175	Amplificatore stereo 1 + 1 W	L. 21.000
RS 191	Amplificatore stereo HI-FI 6 + 6 W	L. 32.000
RS 197	Indicatore di livello audio con microfono	L. 36.500
RS 199	Preamplificatore microfonico con compressore	L. 20.500
RS 200	Preamplificatore stereo equalizzato N.A.B.	L. 23.000
RS 210	Multi Amplificatore stereo per cuffie	L. 74.000
RS 214	Amplificatore HI-FI 20 W (40 W max)	L. 32.000
RS 228	Amplificatore stereo 2 + 2 W	L. 26.000

ALIMENTATORI RIDUTTORI E INVERTER

Codice	Articolo	Prezzo
RS 5	Alimentatore stabilizzato per amplificatori BF	L. 32.000
RS 11	Riduttore di tensione stabilizzato 24/12V 2A	L. 15.000
RS 31	Alimentatore stabilizzato 12V 2A	L. 19.000
RS 75	Carica batterie automatico	L. 26.500
RS 86	Alimentatore stabilizzato 12V 1A	L. 16.000
RS 96	Alimentatore duale regol. + - 5 ÷ 12V 500mA	L. 26.000
RS 116	Alimentatore stabilizzato variabile 1 ÷ 25V 2A	L. 35.000
RS 131	Alimentatore stabilizzato 12V (reg. 10 ÷ 15V 10A	L. 59.500
RS 138	Carica batterie Ni-Cd corrente costante regolabile	L. 36.000
RS 150	Alimentatore stabilizzato Universale 1A	L. 30.000
RS 154	Inverter 12V - 220V 50 Hz 40W	L. 26.000
RS 156	Carica batterie al Ni - Cd da batteria auto	L. 28.500
RS 190	Alimentatore stabilizzato 12 V (reg. 10 - 15 V) 5 A	L. 44.000
RS 204	Inverter 12 Vcc – 220 Vca 50 Hz 100W	L. 75.000
RS 211	Alimentatore stabilizzato 9 V 500 mA (1 A max)	L. 15.000
RS 215	Alimentatore stabilizzato regolabile 25 - 40 V 3 A	L. 39.000
RS 234	Alimentatore stabilizzato 24 V 3A	L. 24.000

ACCESSORI PER AUTO E MOTO

Codice	Articolo	Prezzo
RS 46	Lampeggiatore regolabile 5 ÷ 12V	L. 14.000
RS 47	Variatore di luce per auto	L. 18.000
RS 50	Accensione automatica luci posizione auto	L. 21.000
RS 54	Auto Blinker - lampeggiatore di emergenza	L. 22.000
RS 66	Contagiri per auto (a diodi LED)	L. 40.000
RS 93	Interfono per moto	L. 30.000
RS 95	Avvisatore acustico luci posizione per auto	L. 11.000
RS 103	Electronic test multifunzioni per auto	L. 37.500
RS 104	Riduttore di tensione per auto	L. 13.000
RS 107	Indicatore eff. batteria e generatore per auto	L. 17.000
RS 122	Controlla batteria e generatore auto a display	L. 21.000
RS 137	Temporizzatore per luci di cortesia auto	L. 15.000
RS 151	Commutatore a sfioramento per auto	L. 16.000
RS 162	Antifurto per auto	L. 32.000
RS 174	Luci psichedeliche per auto con microfono	L. 43.000
RS 185	Indicatore di assenza acqua per tergicristallo	L. 17.500
RS 192	Avvisatore automatico per luci di posizione auto	L. 29.000
RS 202	Ritardatore per luci freni extra	L. 22.000
RS 213	Interfono duplex per moto	L. 35.000
RS 227	Inverter per tubi fluorescenti 6-8 W per Auto	L. 29.000

TEMPORIZZATORI

Codice	Articolo	Prezzo
RS 63	Temporizzatore regolabile 1 ÷ 100 sec.	L. 26.000
RS 123	Avvisatore acustico temporizzato	L. 21.000
RS 149	Temporizzatore per luce scale	L. 21.000
RS 195	Temporizzatore per carica batterie al Ni-Cd	L. 55.000
RS 203	Temporizzatore ciclico	L. 23.500
RS 223	Temporizzatore programmabile 5 sec. - 80 ore	L. 44.000

ANTIFURTI ACCESSORI E AUTOMATISMI

Codice	Articolo	Prezzo
RS 14	Antifurto professionale	L. 53.000
RS 109	Serratura a combinazione elettronica	L. 39.500
RS 118	Dispositivo per la registr. telefonica automatica	L. 37.500
RS 126	Chiave elettronica	L. 24.000
RS 128	Antifurto universale (casa e auto)	L. 41.000
RS 141	Ricevitore per barriera a raggi infrarossi	L. 36.000
RS 142	Trasmettitore per barriera a raggi infrarossi	L. 16.000
RS 146	Automatismo per riempimento vasche	L. 16.000
RS 165	Sincronizzatore per proiettori DIA	L. 42.000
RS 168	Trasmettitore ad ultrasuoni	L. 19.000
RS 169	Ricevitore ad ultrasuoni	L. 27.000
RS 171	Rivelatore di movimento ad ultrasuoni	L. 53.000
RS 177	Dispositivo autom. per lampada di emergenza	L. 20.000
RS 179	Autoscatto programmabile per Cine - Fotografia	L. 48.000
RS 220	Ricevitore per telecomando a raggi infrarossi	L. 45.000
RS 221	Trasmettitore per telecomando a raggi infrarossi	L. 23.000
RS 222	Antifurto professionale a ultrasuoni	L. 75.000
RS 232	Chiave elettronica PLL con allarme	L. 49.000

ACCESSORI VARI DI UTILIZZO

Codice	Articolo	Prezzo
RS 9	Variatore di luce (carico max 1500W)	L. 13.000
RS 59	Scaccia zanzare elettronico	L. 16.000
RS 67	Variatore di velocità per trapani 1500W	L. 19.000
RS 82	Interruttore crepuscolare	L. 23.500
RS 83	Regolatore di vel. per motori a spazzole	L. 15.000
RS 91	Rivelatore di prossimità e contatto	L. 30.500
RS 97	Esposimetro per camera oscura	L. 37.000
RS 121	Prova riflessi elettronico	L. 56.500
RS 129	Modulo per Display gigante segnapunti	L. 48.500
RS 132	Generatore di rumore bianco (relax elettronico)	L. 23.000
RS 134	Rivelatore di metalli	L. 23.000
RS 136	Interruttore a sfioramento 220V 350W	L. 23.500
RS 144	Lampeggiatore di soccorso con lampada allo Xeno	L. 58.000
RS 152	Variatore di luce automatico 220V 1000W	L. 28.000
RS 159	Rivelatore di strada ghiacciata per auto e autoc.	L. 21.000
RS 166	Variatore di luce a bassa isteresi	L. 15.000
RS 167	Lampegg. per lampade ad incandescenza 1500 W	L. 16.000
RS 170	Amplificatore telefonico per ascolto e registr.	L. 28.000
RS 173	Allarme per frigorifero	L. 23.000
RS 176	Contatore digitale modulare a due cifre	L. 24.000
RS 182	Ionizzatore per ambienti	L. 43.000
RS 186	Scacciatopi a ultrasuoni	L. 38.000
RS 189	Termostato elettronico	L. 26.500
RS 193	Rivelatore di variazione luce	L. 32.000
RS 198	Interruttore acustico	L. 29.500
RS 201	Super Amplificatore – Stetoscopio Elettronico	L. 31.000
RS 208	Ricevitore per telecomando a raggio luminoso	L. 33.000
RS 216	Giardiniere elettronico automatico	L. 35.000
RS 217	Scaccia zanzare a ultrasuoni	L. 18.000
RS 230	Rivelatore professionale di gas	L. 78.000
RS 236	Variatore di velocità per trapani - 5 KW (5000 W)	L. 49.500

STRUMENTI E ACCESSORI PER HOBBISTI

Codice	Articolo	Prezzo
RS 35	Prova transistor e diodi	L. 21.500
RS 94	Generatore di barre TV miniaturizzato	L. 16.000
RS 125	Prova transistor (test dinamico)	L. 21.500
RS 155	Generatore di onde quadre 1Hz ÷ 100 KHz	L. 34.000
RS 157	Indicatore di impedenza altoparlanti	L. 38.500
RS 194	Iniettore di segnali	L. 15.500
RS 196	Generatore di frequenza campione 50 Hz	L. 19.000
RS 209	Calibratore per ricevitori a Onde Corte	L. 24.000
RS 231	Prova collegamenti elettronico	L. 22.000

GIOCHI ELETTRONICI

Codice	Articolo	Prezzo
RS 60	Gadget elettronico	L. 19.000
RS 88	Roulette elettronica a 10 LED	L. 28.000
RS 110	Slot machine elettronica	L. 35.000
RS 147	Indicatore di vincita	L. 29.000
RS 148	Unità aggiuntiva per RS 147	L. 14.500
RS 206	Clessidra Elettronica – Misuratore di Tempo	L. 36.500
RS 224	Spilla Elettronica N. 1	L. 17.500
RS 225	Spilla Elettronica N. 2	L. 17.500

offerta speciale!

NUOVO PACCO DEL PRINCIPIANTE

Una collezione di dieci fascicoli arretrati accuratamente selezionati fra quelli che hanno riscosso il maggior successo nel tempo passato.

L. 12.000

Per agevolare l'opera di chi, per la prima volta è impegnato nella ricerca degli elementi didattici introduttivi di questa affascinante disciplina che è l'elettronica del tempo libero, abbiamo approntato un insieme di riviste che, acquistate separatamente verrebbero a costare L. 3.500 ciascuna, ma che in un blocco unico, anziché L. 35.000, si possono avere per sole L. 12.000.

Richiedeteci oggi stesso IL PACCO DEL PRINCIPIANTE inviando anticipatamente l'importo di L. 12.000 a mezzo vaglia postale, assegno o c.c.p. n. 916205, indirizzando a: Elettronica Pratica - 20125 MILANO - Via Zuretti, 52.

STRUMENTI DI MISURA

MULTIMETRO DIGITALE

MOD. TS 280 D - L. 132.000

CARATTERISTICHE GENERALI
7 Campi di misura - 31 portate - Visualizzatore cristallo liquido a $3\frac{1}{2}$ cifre altezza mm 12,5 montato su elastomeri - Integrati montati su zoccoli professionali - Batteria 9 V - Autonomia 1000 ore per il tipo zinco carbone, 2000 ore per la batteria alcalina - Indicatore automatico di batteria scarica quando rimane una autonomia inferiore al 10% - Fusibile di protezione - Bassa portata ohmmetrica (20 Ω) - 10 A misura diretta in D.C. e A.C. - Cicalino per la misura della continuità e prova diodi - Boccole antinfortunistiche - Dimensione mm 170 x 87 x 42 - Peso Kg 0,343

PORTATE

VOLT D.C	=	200 mV - 2 V - 20 V - 200 V - 1000 V
VOLT A.C.	=	200 mV - 2 V - 20 V - 200 V - 750 V
OHM	=	20 Ω - 200 Ω - 2 KΩ - 20 KΩ - 200 KΩ - 2 MΩ - 20 MΩ
AMP. D. C.	=	200 μA - 2 mA - 20 mA - 200 mA - 2000 mA - 10 A
AMP. A.C.	=	200 μA - 2 mA - 20 mA - 200 mA - 2000 mA - 10 A

ACCESSORI
Libretto istruzione con schema elettrico e distinta dei componenti - Puntali antinfortunistici - Coccodrilli isolati da avvitare sui puntali.

MULTIMETRO DIGITALE

MOD. TS 240D - L. 73.000

CARATTERISTICHE GENERALI

Visualizzatore	: a cristalli liquidi con indicatore di polarità.
Tensione massima	: 500 V di picco
Alimentazione	: 9V
Dimensioni	: mm 130 × 75 × 28
Peso	: Kg 0,195

PORTATE

Tensioni AC	=	200 V - 750 V
Correnti CC	=	2.000 μA - 20 mA - 200 mA - 2.000 mA
Tensioni CC	=	2.000 mV - 20 V - 200 V - 1.000 V
Resistenza	=	2.000 Ω - 20 KΩ - 200 KΩ - 2.000 KΩ

INTERAMENTE PROTETTO DAL SOVRACCARICO

ACCESSORI
Libretto istruzione con schema elettrico - Puntali

Gli strumenti pubblicizzati in questa pagina possono essere richiesti inviando anticipatamente l'importo, nel quale sono già comprese le spese di spedizione, tramite vaglia postale, assegno bancario o conto corrente postale n. 46013207 a: STOCK RADIO - 20124 MILANO - Via P. Castaldi, 20.